



## INDICE

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1</b>  | <b>PREMESSA .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2</b>  | <b>CRITERI PROGETTUALI ED ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>3</b>  | <b>RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>4</b>  | <b>DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>5</b>  | <b>INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI E DEI LIMITI DI PORTATA.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>6</b>  | <b>ANALISI IDROLOGICHE .....</b>  | <b>10</b> |
|           | Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia da 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore ..... | 10        |
|           | Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia inferiori a 1 ora .....                    | 12        |
|           | Definizione degli ietogrammi di progetto.....   | 13        |
| <b>7</b>  | <b>VERIFICHE IDRAULICHE .....</b>   | <b>17</b> |
|           | Il modello idrologico – idraulico utilizzato.....   | 17        |
|           | 7.1.1 Il Modulo “Runoff” di SWMM .....  | 18        |
|           | 7.1.1.1 Evaporazione .....  | 18        |
|           | 7.1.1.2 Infiltrazione .....   | 18        |
|           | 7.1.1.3 Propagazione del flusso superficiale.....   | 19        |
|           | 7.1.1.4 I flussi sotterranei.....   | 21        |
|           | 7.1.2 Il modulo “extran” di SWMM (propagazione nel reticolo idrografico).....   | 23        |
| <b>8</b>  | <b>DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO .....</b>   | <b>25</b> |
|           | 8.1.1 Verifica degli elementi di margine .....  | 25        |
|           | 8.1.1.1 Tratti in rettilineo .....  | 26        |
|           | 8.1.1.2 Tratti in curva .....   | 27        |
| <b>9</b>  | <b>Idraulica degli scarichi e sistemi di raccolta sui viadotti e ponti .....</b>  | <b>28</b> |
| <b>10</b> | <b>DIMENSIONAMENTO DEI FOSSI DI LAMINAZIONE .....</b>   | <b>31</b> |

## **1 PREMESSA**

La presente relazione ha lo scopo di definire e verificare il sistema di raccolta, convogliamento e scarico nel recapito finale delle acque di piattaforma per il progetto denominato D02 (EX 1RE) – variante alla SP41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra SP 60 e Brescello in corrispondenza del tracciato cispadano nell'intervento di realizzazione della nuova Autostrada Regionale Cispadana, infrastruttura stradale di categoria A, avente origine in corrispondenza del casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 "Autostrada del Brennero" e termine al casello di Ferrara Sud sulla A13 "Autostrada Bologna-Padova".

La realizzazione della viabilità di adduzione comporta l'impermeabilizzazione delle superfici di piattaforma stradale con conseguenti problematiche connesse alla gestione delle acque meteoriche drenate dovute all'incremento delle portate idrauliche consegnate ai canali recettori.

Lo studio, che ha carattere idrologico, idraulico ed ambientale, ha portato alla definizione del sistema di raccolta, smaltimento e trattamento delle acque di piattaforma e comprende:

1. reti interconnesse di raccolta, evacuazione delle acque di piattaforma;
2. presidi di sicurezza per il controllo degli sversamenti accidentali;
3. fossi di laminazione per il controllo delle portate rilasciate.

Per il corretto dimensionamento di tali opere, è stato individuato il migliore assetto da assegnare al sistema di drenaggio tenendo conto:

- delle sollecitazioni pluviometriche;
- dei vincoli normativi;
- della particolare situazione morfologica e idraulica delle aree interessate dall'infrastruttura stradale;
- dei vincoli quantitativi dei canali recettori.

Il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma è caratterizzato da un sistema di tipo "aperto", dunque non viene effettuato alcun trattamento delle acque di prima pioggia. Le acque vengono quindi interamente captate mediante embrici e convogliate ai fossi di guardia che recapitano ai canali ricettori.

## 2 CRITERI PROGETTUALI ED ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

I criteri progettuali assunti derivanti dal Progetto Preliminare, sono i seguenti.

- progettazione della rete di evacuazione delle acque di piattaforma dimensionata per tempo di ritorno TR=20 anni;
- invarianza idraulica al recettore: si impongono come limite allo scarico i valori idrometrici prescritti dai singoli Consorzi di Bonifica;
- scarichi individuati nella rete idrica superficiale nei corsi d'acqua principali e secondari da parte dei singoli Consorzi di Bonifica ; ogni scarico è dotato di manufatto di rilascio controllato;
- evitare di riversare scarichi accidentali nei corpi recettori finali;
- invarianza di bacino afferente: non si può scaricare in un fosso o canale acque a lui non deputate originariamente;
- garantire sempre e ovunque la continuità idraulica dei campi sia ai fini di scolo che irrigui a monte e a valle della infrastruttura stradale in progetto.

Lo studio della rete di laminazione, trattamento ed evacuazione, delle acque di piattaforma autostradale si è articolato attraverso le seguenti fasi.

- 1) Individuazione dei recettori e dei loro limiti di portata;
- 2) Analisi idrologiche: preliminarmente sono state ricavate le curve di possibilità pluviometrica caratteristiche per ogni ambito territoriale da utilizzare nel dimensionamento degli afflussi che sollecitano la rete, quindi si è proceduto alla trasformazione Afflussi/Deflussi;
- 3) Schema idraulico di funzionamento delle reti di raccolta e smaltimento: comprende l'individuazione dei manufatti elementari del drenaggio di piattaforma ed il relativo dimensionamento in funzione dei parametri di progetto assunti; comprende anche la individuazione dei tratti omogenei e dei bacini ad essi afferenti;
- 4) Verifiche idrauliche: comprende il calcolo dei fossi di guardia e l'impatto dello scarico delle acque di piattaforma con i limiti allo scarico imposti,
- 5) Dimensionamento dei manufatti di modulazione, evacuazione e laminazione.

I metodi di calcolo e di analisi adottati sono sinteticamente riportati nei singoli paragrafi, mentre si rimanda alla bibliografia di settore per gli approfondimenti teorici ed applicativi. Nell'ambito del presente progetto non si ritiene necessario prevedere la separazione e il trattamento delle acque di prima pioggia prima della

restituzione delle acque di pioggia all'ambiente naturale data la tipologia di viabilità in questione.

La predisposizione del sistema di raccolta delle acque assolve al duplice intento di intercettare gli eventuali sversamenti di sostanze non compatibili con la rete idrografica naturale in occasione di imprevisti inconvenienti di esercizio (ribaltamento mezzi, ecc.) e di raccogliere le inevitabili scorie prodotte dal flusso veicolare. Per questa viabilità si ritiene che l'accumulo di inquinanti in tempo secco ed il loro lavaggio operato dalla pioggia sia trascurabile rispetto alle viabilità autostradali, interessate da intenso traffico veicolare e caratterizzate da superfici molto superiori.

### **3 RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI**

Il progetto del sistema di smaltimento e trattamento delle acque di piattaforma è stato redatto conformemente alla “Normativa legislativa” ed alla “Normativa tecnica” vigenti sul territorio nazionale e regionale di interesse.

Si veda in proposito l'elaborato PD\_0\_0000\_0000\_0\_GE\_KT\_01\_A - Elenco delle Normative di riferimento.

## **4 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO**

La sicurezza del traffico e le condizioni generali dell'ambiente urbano sono affidate sia alla corretta geometria del corpo stradale che al corretto dimensionamento delle opere di drenaggio, che devono provvedere alla raccolta, all'incanalamento ed all'allontanamento delle acque che vengono intercettate dal corpo stradale.

Il principale obiettivo nella progettazione delle opere di drenaggio è dunque quello di garantire l'assenza di ristagni d'acqua sulla superficie di usura della strada, che potrebbero seriamente pregiudicare la sicurezza degli automobilisti.

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche adottato, non prevede la componente di trattamento delle acque di prima pioggia. La giustificazione deriva da un flusso veicolare non sostenuto e da aree limitate.

Il dimensionamento delle opere è stato effettuato sulla base della portata massima attesa, determinata mediante l'utilizzo di un modello di trasformazione afflussi-deflussi che consente di valutare la portata di progetto a partire dalla conoscenza della curva di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno di 20 anni.

Il sistema di drenaggio in progetto è caratterizzato, per tutta la sua estensione dalla tipologia di viabilità "in rilevato": a determinati intervalli l'elemento marginale di trattenuta dell'afflusso di dilavamento è interrotto da manufatti di invito in calcestruzzo che si raccordano ad una canaletta ad embrici. Le acque vengono convogliate ai fossi di guardia posti al piede del rilevato.

I fossi di guardia verranno realizzati in terra, sia per contenere i costi di realizzazione, sia per ottenere un migliore inserimento ambientale; in corrispondenza degli scarichi degli embrici è previsto un rivestimento in cls sul fondo e sulle sponde del fosso; solo in corrispondenza degli acquiferi critici verrà prevista la posa di un materassino bentonitico ed uno strato vegetale di 20cm; nel caso di fossi pensili le arginature saranno costituite da materiale prevalentemente argilloso. I fossi avranno larghezza al fondo e altezza minima pari a 0.5 m, con pendenza delle sponde pari a 2/3; poiché sono intagliati sul piano campagna, seguendo le quote esistenti, le profondità varieranno in funzione del raccordo con il recettore.

I fossi di laminazione scaricano le acque nella rete idrica superficiale esistente ogni qual volta viene intersecato un corso d'acqua o un fosso di scolo. Lo scarico avviene attraverso un manufatto di regolazione in cls costituito da una soglia sfiorante all'interno della quale viene praticata una foronomia adeguata alla regolazione richiesta e una paratoia per la trattenuta degli sversamenti accidentali. In particolare, nel caso di fossi non arginati, la quota di scarico dovrà essere minimo pari a - 20 cm dal piano campagna.

## 5 INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI E DEI LIMITI DI PORTATA

Il reticolo idrografico interferito è costituito dal corso d'acqua naturale Torrente Enza e da una fitta rete di canali artificiali consortili e privati. La scelta dei corsi d'acqua riceventi le acque di piattaforma, pur accettando l'ipotesi dell'invarianza idraulica e della totale depurazione, è stata suffragata da una serie di considerazioni che hanno poi trovato conforto da uno stretto rapporto con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale.

Si impone di garantire un contributo massimo al recettore non superiore a 8l/sec/ettaro per intensità di pioggia di TR=20 anni ed un volume di contenimento superiore a 500 m<sup>3</sup>/ettaro impermeabile.

Di seguito si riporta la tabella con l'indicazione dei limiti di scarico consentiti, relativamente a ogni interferenza idraulica.

TABELLA 5-1:CORPI IDRICI RICETTORI E LIMITI ALLO SCARICO PER LA VIABILITÀ D02

| COD     | NOME RILIEVO        | GESTORE | RANGO      | POSSIBILITA' DI SCARICARE ACQUE DI PIATTAFORMA | LIMITI ALLO SCARICO l/s*ha  |
|---------|---------------------|---------|------------|--|---|
| 1REA019 | FOSSO RONCHI A MANE | privato | minore     | NO   | solo in caso di assenza di altri recapiti in cui è consentito scaricare si consente un limite allo scarico di 8 l/s*ha. Se occorre rizeionare il fosso esistente dallo scarico fino alla foce |
| 1REA016 | FOSSO 4             | privato | minore     | NO   | solo in caso di assenza di altri recapiti in cui è consentito scaricare si consente un limite allo scarico di 8 l/s*ha. Se occorre rizeionare il fosso esistente dallo scarico fino alla foce |
| 1REA017 | FOSSO 5             | privato | minore     | NO   | solo in caso di assenza di altri recapiti in cui è consentito scaricare si consente un limite allo scarico di 8 l/s*ha. Se occorre rizeionare il fosso esistente dallo scarico fino alla foce |
| 1REA001 | TORRENTE ENZA       | AIPO    | principale | NO   | 0.00  |
| 1REA002 | CANALE DI ADDUZIONE | privato | minore     | NO   | solo in caso di assenza di altri recapiti in cui è consentito scaricare si consente un limite allo scarico di 8 l/s*ha. Se occorre rizeionare il fosso esistente dallo scarico fino alla foce |
| 1REA003 | CANALE DI ADDUZIONE | privato | minore     | NO   | solo in caso di assenza di altri recapiti in cui è consentito scaricare si consente un limite allo scarico di 8 l/s*ha. Se occorre rizeionare il fosso esistente dallo scarico fino alla foce |

| COD     | NOME RILIEVO  | GESTORE                                    | RANGO      | POSSIBILITA' DI SCARICARE ACQUE DI PIATTAFORMA | LIMITI ALLO SCARICO l/s*ha   |
|---------|---|--|------------|--|--|
| 1REA018 | TUBAZIONE SANTA CATERINA                              | CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE | secondario | NO   | 0.00   |
| 1REA004 | IRRIGATORIO DI LENTIGIONE                             | CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE | secondario | NO   | 0.00   |
| 1REA005 | FOSSO A SERA DI VIA IMPERIALE                         | CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE | secondario | SI   | 8.00   |
| 1REA006 | FOSSO A MANE VIA IMPERIALE                            | CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE | secondario | SI   | 8.00   |
| 1REA014 | SCOLO DI VIA DEL PORTO                                | CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE | secondario | SI   | 8.00   |
| 1REA015 | SCOLO DUGALE ALTO                                     | CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE | secondario | SI   | 8.00   |
| 1REA007 | FOSSO 2   | privato                                    | minore     | NO   | solo in caso di assenza di altri recapiti in cui è consentito scaricare si consente un limite allo scarico di 8 l/s*ha. Se occorre rizezionare il fosso esistente dallo scarico fino alla foce |
| 1REA020 | FOSSO 2   | privato                                    | minore     | NO   | solo in caso di assenza di altri recapiti in cui è consentito scaricare si consente un limite allo scarico di 8 l/s*ha. Se occorre rizezionare il fosso esistente dallo scarico fino alla foce |
| 1REA009 | FOSSO 3   | privato                                    | minore     | NO   | solo in caso di assenza di altri recapiti in cui è consentito scaricare si consente un limite allo scarico di 8 l/s*ha. Se occorre rizezionare il fosso esistente dallo scarico fino alla foce |
| 1REA008 | TUBAZIONE COPELLI                                     | CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE | secondario | NO   | 0.00   |
| 1REA010 | SCOLO DUGALE BASSO (mortolo di lentigione nel PP)     | CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE | secondario | SI   | 8.00   |
| 1REA011 | CANALAZZO DI BRESCELLO                                | CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE | principale | NO   | 0.00   |
| 1REA012 | FOSSO DI GUARDIA IN DESTRA DEL CANALAZZO DI BRESCELLO | CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE | secondario | SI   | 8.00   |



| COD     | NOME RILIEVO           | GESTORE                                    | RANGO      | POSSIBILITA' DI SCARICARE ACQUE DI PIATTAFORMA | LIMITI ALLO SCARICO l/s*ha |
|---------|------------------------|--|------------|--|----------------------------|
| 1REA013 | SCOLO NAVIGLIA VECCHIA | CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE | secondario | SI   | 8.00                       |

## 6 ANALISI IDROLOGICHE

Lo studio idrologico ha previsto l'indagine sul regime delle piogge di breve durata e forte intensità per un Tempo di Ritorno di 20 anni, in tutti i pluviometri situati nelle vicinanze della viabilità, finalizzata alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica e dei relativi ietogrammi di progetto. Lo studio è stato suddiviso in due parti ciascuna influenzata dalla durata di pioggia:

- 1) verifica dei manufatti di raccolta e smaltimento sollecitati da eventi di pioggia di durata >1 ora. Rientrano tra questi i sistemi di raccolta tramite fosso di guardia che come già anticipato svolge anche la funzione laminativa;
- 2) verifica dei manufatti di raccolta e smaltimento sollecitati da eventi di pioggia di durata <1 ora. Rientrano tra questi manufatti gli embrici e le caditoie che necessariamente debbono scaricare prima possibile le acque defluite.

### Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia da 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore

Per la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia in funzione del tempo di ritorno (TR), si fa riferimento alla legge probabilistica che meglio si adatta al campione di dati utilizzato.

Nel caso delle stazioni pluviometriche in esame, la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia, in funzione del Tempo di Ritorno (TR), è stata ottenuta tramite la legge probabilistica di Gumbel, stimandone i parametri a(T) ed n(T), al fine di ottenere la curva di possibilità pluviometrica nella forma:

$$h = a(T)t^{n(T)} \tag{6.1}$$

L'elaborazione statistica ha portato alla definizione delle curve di possibilità climatica, dove l'altezza di pioggia espressa in millimetri è rappresentata dall'espressione:

$$h = n - \frac{\ln \left( -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right)}{a} \tag{6.2}$$

dove:

TR = tempo di ritorno

$$n = Y - \bar{Y}_N \cdot S_Y / S_N$$

$$a = S_N / S_Y$$

$Y_N$  = media della variabile ridotta

$S_N$  = deviazione standard della variabile ridotta

$Y$  = media aritmetica delle massime altezze di pioggia osservate

$S_Y$  = scarto quadratico medio delle massime altezze di pioggia osservate.

Il valore assunto dai parametri  $S_x$  e  $S_n$  è funzione del numero di osservazioni a disposizione; tali valori sono riportati nella tabella sottostante.

TABELLA 6.1– VALORI DEI PARAMETRI ( $Y_N$ ) E  $S_N$  SECONDO GUMBELL

| N   | Media ridotta $\bar{Y}_N$ %         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     | 0                                   | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
| 10  | 0,4952                              | 0,4996 | 0,5035 | 0,5070 | 0,5100 | 0,5128 | 0,5154 | 0,5177 | 0,5198 | 0,5217 |
| 20  | 0,5236                              | 0,5252 | 0,5268 | 0,5282 | 0,5296 | 0,5309 | 0,5321 | 0,5332 | 0,5343 | 0,5353 |
| 30  | 0,5362                              | 0,5371 | 0,5380 | 0,5388 | 0,5396 | 0,5403 | 0,5411 | 0,5417 | 0,5424 | 0,5430 |
| 40  | 0,5436                              | 0,5442 | 0,5448 | 0,5453 | 0,5458 | 0,5463 | 0,5468 | 0,5472 | 0,5477 | 0,5481 |
| 50  | 0,5485                              | 0,5489 | 0,5493 | 0,5497 | 0,5501 | 0,5504 | 0,5508 | 0,5511 | 0,5515 | 0,5518 |
| 60  | 0,5521                              | 0,5524 | 0,5527 | 0,5530 | 0,5532 | 0,5535 | 0,5538 | 0,5540 | 0,5543 | 0,5545 |
| 70  | 0,5548                              | 0,5550 | 0,5552 | 0,5555 | 0,5557 | 0,5559 | 0,5561 | 0,5563 | 0,5565 | 0,5567 |
| 80  | 0,5569                              | 0,5571 | 0,5573 | 0,5574 | 0,5576 | 0,5578 | 0,5580 | 0,5581 | 0,5583 | 0,5584 |
| 90  | 0,5586                              | 0,5588 | 0,5589 | 0,5591 | 0,5592 | 0,5593 | 0,5595 | 0,5596 | 0,5598 | 0,5599 |
| 100 | 0,5600                              | 0,5602 | 0,5603 | 0,5604 | 0,5605 | 0,5606 | 0,5608 | 0,5609 | 0,5610 | 0,5611 |
| N   | Deviazione standard ridotta $S_N$ % |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|     | 0                                   | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
| 10  | 1,0010                              | 1,0148 | 1,0270 | 1,0378 | 1,0476 | 1,0564 | 1,0644 | 1,0717 | 1,0785 | 1,0847 |
| 20  | 1,0904                              | 1,0958 | 1,1008 | 1,1055 | 1,1098 | 1,1140 | 1,1178 | 1,1215 | 1,1250 | 1,1283 |
| 30  | 1,1314                              | 1,1344 | 1,1372 | 1,1399 | 1,1425 | 1,1449 | 1,1473 | 1,1496 | 1,1518 | 1,1538 |
| 40  | 1,1559                              | 1,1578 | 1,1597 | 1,1614 | 1,1632 | 1,1649 | 1,1665 | 1,1680 | 1,1696 | 1,1710 |
| 50  | 1,1724                              | 1,1738 | 1,1752 | 1,1765 | 1,1777 | 1,1789 | 1,1801 | 1,1813 | 1,1824 | 1,1835 |
| 60  | 1,1846                              | 1,1856 | 1,1866 | 1,1876 | 1,1886 | 1,1895 | 1,1904 | 1,1913 | 1,1922 | 1,1931 |
| 70  | 1,1939                              | 1,1947 | 1,1955 | 1,1963 | 1,1971 | 1,1978 | 1,1986 | 1,1993 | 1,2000 | 1,2007 |
| 80  | 1,2014                              | 1,2020 | 1,2027 | 1,2033 | 1,2039 | 1,2045 | 1,2052 | 1,2057 | 1,2063 | 1,2069 |
| 90  | 1,2075                              | 1,2080 | 1,2086 | 1,2091 | 1,2096 | 1,2101 | 1,2106 | 1,2111 | 1,2116 | 1,2121 |
| 100 | 1,2126                              | 1,2130 | 1,2135 | 1,2139 | 1,2144 | 1,2148 | 1,2153 | 1,2157 | 1,2161 | 1,2165 |

Per stimare la CPP rappresentativa di ogni singolo tratto si è proceduto nel seguente modo: si sono prese in esame le 3 stazioni pluviometriche prossime all'infrastruttura stradale, associando ad ognuna di esse un peso, calcolato con il metodo dell'inverso della distanza, si ricavano le intensità di pioggia per assegnato TR all'interno di ogni singolo tratto.

Il metodo delle distanze quadratiche inverse si basa sull'ipotesi che in ciascun punto del bacino la precipitazione possa essere stimata sulla base di tutte le precipitazioni misurate, attribuendo ad esse un peso pari all'inverso della distanza tra il punto e la stazione pluviometrica. Frequentemente si fa riferimento alla distanza al quadrato.

Indicato con k il generico elemento della griglia, essendo  $k = 1, \dots, K$ , il peso  $w_{ki}$  del pluviometro i nella maglia k risulta:

$$w_{ki} = \frac{\frac{1}{d_i^2}}{\sum_{j=1, M} \frac{1}{d_j^2}}$$

6.3

dove  $d_j$  indica la distanza tra l'elemento della griglia ed il pluviometro i ed M è il numero complessivo di pluviometri considerati.

Si riportano di seguito, per il TR20 anni le tabelle riassuntive dei valori di h in millimetri per durate di 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore per il tratto di interesse.

**TABELLA 6.2 ALTEZZE DI PIOGGIA PER DURATE SUPERIORI ALL'ORA – TR20 ANNI**

| Durata | Altezza di pioggia [mm] |
|--------|-------------------------|
| [ore]  | Tr=20                   |
| 1      | 50.92                   |
| 1.5    | 55.02                   |
| 2      | 58.15                   |
| 2.5    | 60.72                   |
| 3      | 62.91                   |
| 6      | 72.05                   |
| 12     | 82.68                   |
| 24     | 95.06                   |

## Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia inferiori a 1 ora

Per la verifica dei sistemi di raccolta, per i quali la risposta al deflusso è immediata, si deve necessariamente calcolare la sollecitazione più gravosa durante eventi di pioggia intensi e di durata inferiore ad 1 ora.

Si sono pertanto ricostruite, sempre con l'utilizzo del metodo esposto precedentemente, le CPP per il tratto di interesse.

I risultati ottenuti sono riportati nella sottostante tabella.

**TABELLA 6.3 ALTEZZE DI PIOGGIA PER DURATE INFERIORI ALL'ORA – Tr20**

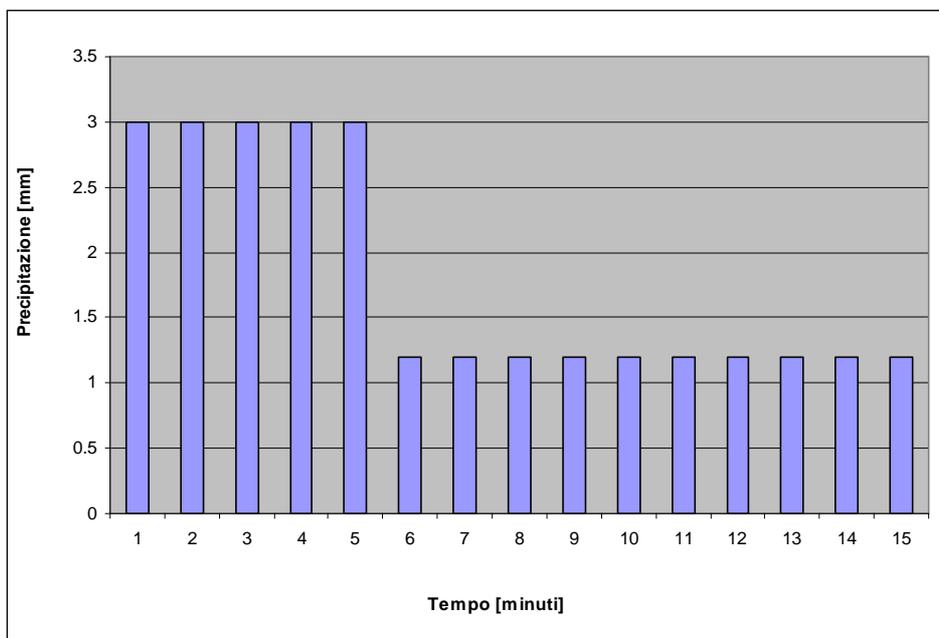
| Durata | Altezza di pioggia [mm] |
|--------|-------------------------|
| [ore]  | Tr=20                   |
| 0.25   | 26.20                   |
| 0.5    | 35.08                   |
| 0.75   | 41.63                   |

## Definizione degli ietogrammi di progetto

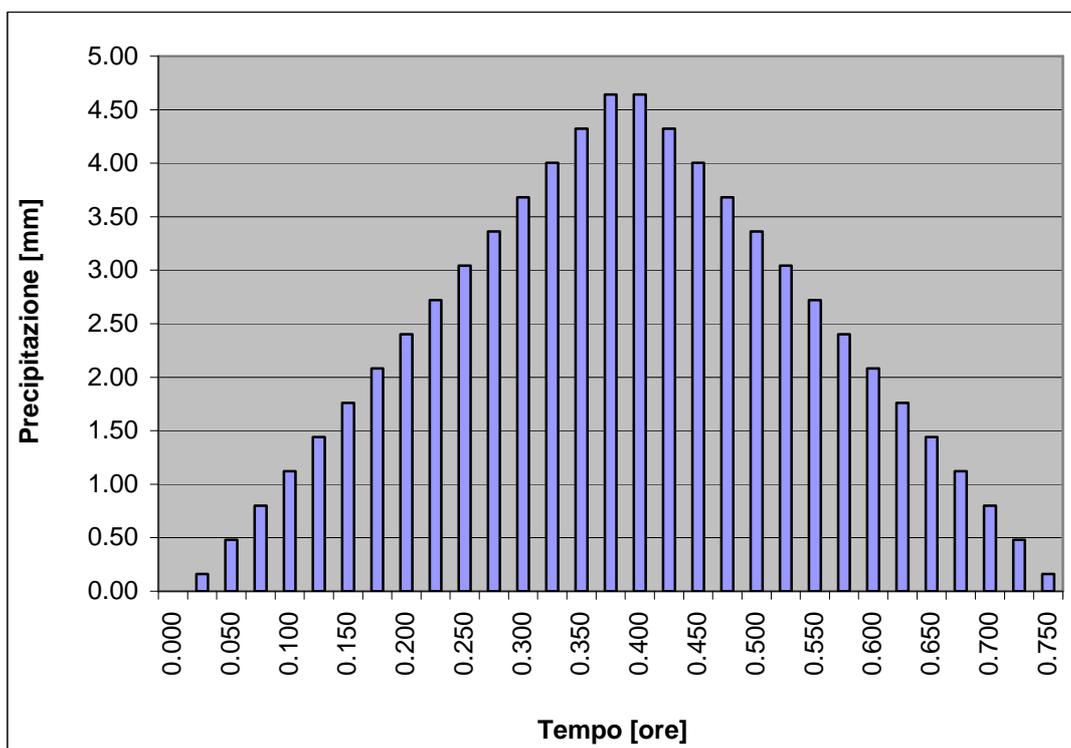
Gli ietogrammi di progetto adottati sono di tipo triangolare, ipotizzando che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia presenti un picco a metà della durata dell'evento, per le piogge da 1 a 24 ore, e di tipo rettangolare per le piogge di breve durata (15').

Si riportano di seguito gli ietogrammi di progetto adottati per 15' e 12 ore:

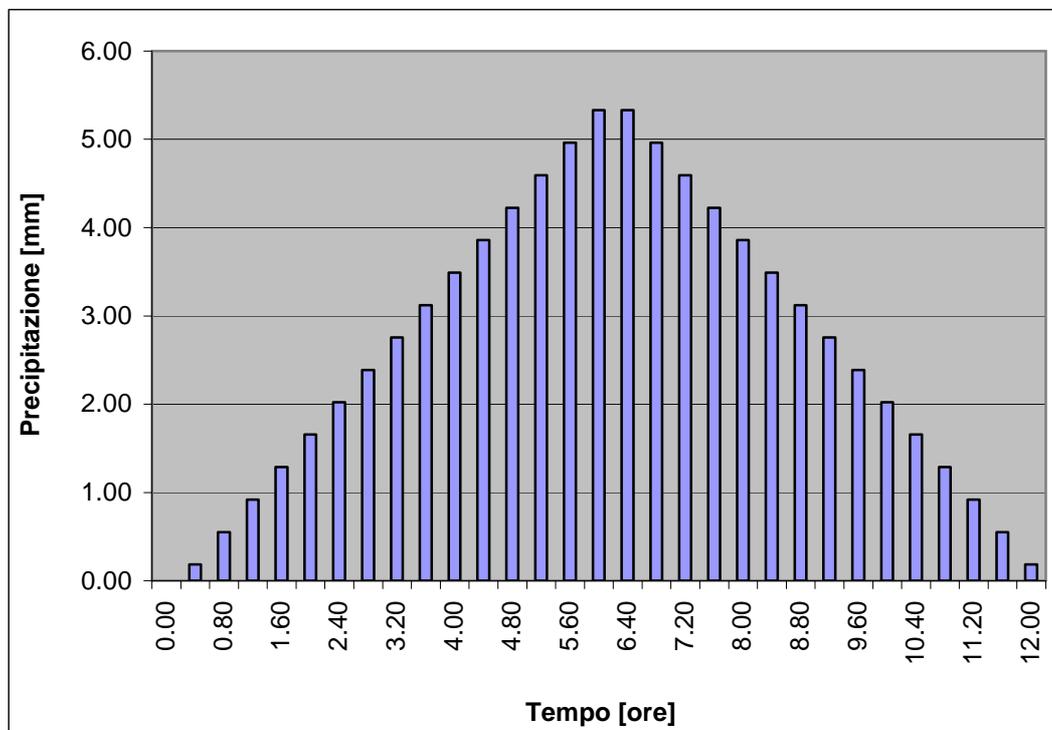
**FIGURA 1: IETOGRAMMA DI PROGETTO CON TR=20 ANNI E DURATA PARI A 15'**



**FIGURA 2: IETOGRAMMA DI PROGETTO TR=20 ANNI E DURATA PARI A 45'**



**FIGURA 3: IETOGRAMMA DI PROGETTO TR=20 ANNI E DURATA PARI A 12 ORE**



## 7 VERIFICHE IDRAULICHE

### Il modello idrologico – idraulico utilizzato

---

Il modello dinamico SWMM (Storm Water Management Model), sviluppato e aggiornato dall'agenzia federale statunitense per la protezione dell'ambiente U.S. E.P.A, descrive quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sulla superficie di un bacino imbrifero ed in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i collettori.

Matematicamente il processo è rappresentato dalla soluzione di un sistema di equazioni differenziali che governano il bilancio della massa liquida (equazione di continuità) e della corrispondente energia meccanica (equazione del moto) tanto per il deflusso che si sviluppa come lama d'acqua fluente sulla superficie di una area elementare per effetto della saturazione del suolo e del superamento della sua capacità di infiltrazione, quanto del deflusso che si sviluppa come corrente essenzialmente monodimensionale in ciascuno dei tronchi elementari costituenti i collettori drenanti. Oltre tali equazioni differenziali, il modello impone contemporaneamente, attraverso ulteriori equazioni, le condizioni al contorno, ed in particolare l'identità del livello in tutti gli estremi di canali che connettono lo stesso nodo, il legame tra livello raggiunto nei nodi, dimensione fisica delle confluenze e livelli idrici nei canali riceventi.

Le condizioni iniziali nel reticolo vengono invece calcolate sulla base delle condizioni al contorno che riguardano i riceventi e della portata iniziale in ogni condotto.

Per quanto riguarda il deflusso di superficie, il programma considera ogni area elementare utilizzata per la schematizzazione dell'intero bacino come un serbatoio non lineare con un singolo ingresso che rappresenta le precipitazioni, e con più uscite che rappresentano rispettivamente l'infiltrazione, l'evaporazione ed il deflusso superficiale. È quest'ultima la componente maggiormente rappresentativa nel caso presente.

La capacità del serbatoio non lineare rappresenta la capacità massima d'accumulo sulle superfici del bacino, fornita principalmente dai micro e macro avvallamenti delle superfici e dal velo d'acqua presente sulle superfici bagnate, d'altezza variabile durante l'evento di pioggia.

Nella logica del modello il deflusso superficiale ha inizio solo quando il volume d'acqua nel serbatoio supera la capacità d'accumulo superficiale, mentre l'infiltrazione (solo nella porzione permeabile della superficie) e l'evaporazione riducono continuamente il volume d'acqua accumulato nel serbatoio. L'infiltrazione viene modellata secondo il metodo CN del Soil Conservation Service (USA). Nei casi in cui l'infiltrazione e l'evaporazione risultino potenzialmente superiori alla precipitazione, il deflusso risulta ovviamente nullo. E' presente anche la componente di deflusso ipodermico e di base, derivante dalla schematizzazione della

regione sotterranea come due serbatoi non lineari interconnessi; tale elemento, introdotto quando si dispone di osservazioni in continuo delle piogge, può simulare anche gli scambi idrici fra falda freatica e corso d'acqua, ma riveste una importanza trascurabile nella simulazione di singoli eventi di piena, come quelli analizzati in questo studio, perché i tempi di risposta dei due serbatoi sotterranei eccedono largamente quelli del ruscellamento superficiale, fornendo un contributo al deflusso totale che diviene significativo solo in regime fluviale di morbida e magra.

Il processo appena descritto, elaborato dal modulo RUNOFF del programma, viene ripetuto per ogni area elementare schematizzata, e per ogni passo temporale in cui è necessario discretizzare l'intervallo di tempo durante il quale interessa simulare la trasformazione afflussi-deflussi e la propagazione della conseguente piena lungo il sistema drenante, tenendo conto delle confluenze secondo la struttura topologica della rete di scolo.

### **7.1.1 Il Modulo “Runoff” di SWMM**

Il modulo RUNOFF è stato sviluppato per simulare sia la quantità che la qualità dei flussi in un bacino di drenaggio ed il loro propagarsi nelle condotte della rete. Assegnatogli uno ietogramma, il programma schematizza il bacino con una combinazione di sottobacini e di condotte e/o canali ideali, e procede a svolgere un'esaustiva analisi (neve disciolta, perdite da infiltrazione nelle aree pervie, ritenzione superficiale, flusso sul terreno e nelle condotte e/o canali), che permette di determinare gli idrogrammi ed i pollutogrammi nei vari nodi. Nello studio in questione si è analizzato il problema idrico solamente dal punto di vista quantitativo, non da quello qualitativo.

#### **7.1.1.1 Evaporazione**

L'evaporazione può essere inserita nel modulo RUNOFF sia direttamente, tramite una altezza cumulata per ciascun mese, sia a partire dalla serie temporale delle temperature.

L'evaporazione è sottratta all'altezza di pioggia caduta e/o acqua stagnante prima di calcolare l'infiltrazione e lo scorrimento superficiale. Il valore della precipitazione che il programma considera è quindi sempre quello netto a cui sono già state sottratte le perdite di evaporazione.

Sebbene nel modulo RUNOFF evaporazione e infiltrazione siano sommate per formare un unico valore di perdita per i calcoli nei sottobacini, totali separati sono mantenuti nel controllo generale della continuità.

#### **7.1.1.2 Infiltrazione**

Per l'infiltrazione nelle aree pervie SWMM consente di scegliere tra 3 modelli: Horton, Green-Ampt e Curve Number. Il modello empirico di Horton è frequentemente utilizzato. Molti idrologi hanno una “sensibilità” per i tre parametri richiesti, nonostante la documentazione al riguardo sia molto scarsa. Sebbene nella sua

formulazione classica l'equazione possa essere utilizzata solo qualora l'intensità di precipitazione ecceda la capacità di infiltrazione, le modifiche apportate in SWMM al modello permettono di superare questa deficienza.

Alternativamente l'equazione di Green-Ampt è un modello fisico che può consentire una buona descrizione del processo di infiltrazione. Nella formulazione di Mein-Larson il modello può anche essere applicato in caso di intensità di precipitazione inferiore alla capacità di infiltrazione all'inizio dell'intervallo temporale.

### 7.1.1.3 Propagazione del flusso superficiale

Il modulo RUNOFF rappresenta l'inizio della generazione del flusso in SWMM. Ciascun sottobacino viene suddiviso in tre sottoaree che simulano le aree impermeabili, con e senza depressioni superficiali, e l'area permeabile, con depressioni superficiali. La profondità delle depressioni superficiali è un dato di input (parametro denominato WSTORE) per le aree impermeabili e permeabili di ciascun sottobacino.

Il flusso superficiale è generato da ciascuna delle tre aree approssimandole a serbatoi non-lineari, ai quali non viene assegnata alcuna forma specifica. Tuttavia, se la larghezza del sottobacino,  $W$ , è considerata come vera larghezza del flusso superficiale, allora l'area si comporterà come un bacino rettangolare. Altrimenti, la larghezza (come anche la pendenza e la scabrezza) possono essere considerati come parametri di calibrazione. Il serbatoio non-lineare è definito combinando l'equazione di continuità con quella di Manning.

L'equazione di continuità, applicata a ciascuna sottoarea:

$$\frac{dV}{dt} = A \frac{dd}{dt} = Ai^* - Q$$

dove  $V = A \cdot d$  = volume di acqua nella sottoarea,  $m^3$

$d$  = altezza della lama d'acqua,  $m$ ,

$t$  = tempo,  $s$ ,

$A$  = area del sottobacino,  $m^2$

$i^*$  = eccedenza di precipitazione = intensità di precipitazione /neve disciolta meno tasso di evaporazione e/o infiltrazione( $m/s$ ),

$Q$  = velocità del flusso,  $m^2/s$ ,

si coniuga con l'equazione di Manning per il flusso:

$$Q = W \frac{1.49}{n} (d - d_p)^{5/3} S^{1/2}$$

dove  $W$  = larghezza del sottobacino, m,

$n$  = coefficiente di scabrezza di Manning,

$d$  = altezza della lama d'acqua, m,

$S$  = pendenza del sottobacino, m/m.

Queste due equazioni sono combinate in una equazione differenziale non lineare, che può essere risolta rispetto ad un'incognita, l'altezza,  $d$ .

$$\frac{dd}{dt} = i^* - \frac{1.49 \cdot W}{A \cdot n} \cdot (d - d_p)^{5/3} S^{1/2} = i^* + WCON \cdot (d - d_p)^{5/3}$$

dove:

$$WCON = \frac{1.49 \cdot W \cdot S^{1/2}}{A \cdot n}$$

Si noti il raggruppamento della larghezza, pendenza e scabrezza in un unico parametro.

L'equazione  $dd/dt$  è risolta per ciascun intervallo temporale con un semplice schema alle differenze finite. A questo scopo, nel lato destro dell'equazione si deve considerare il flusso medio netto in ingresso ed in uscita nell'intervallo di tempo. L'intensità di precipitazione,  $i^*$ , è considerata nel programma come media nell'intervallo di tempo. Il flusso medio è approssimato calcolandolo come media tra le vecchie e le nuove altezze. Quindi, denotando coi pedici 1 e 2 rispettivamente l'inizio e la fine dell'intervallo temporale, l'equazione si approssima:

$$\frac{d_2 - d_1}{\Delta t} = i^* + WCON \cdot \left[ d_1 + \frac{1}{2}(d_2 - d_1) - d_p \right]^{5/3}$$

dove  $\Delta t$  = intervallo di tempo, (s).

Questa equazione è poi risolta in  $d_2$  usando un'iterazione di Newton-Raphson.

Dato  $d_2$ , il flusso istantaneo alla fine dell'intervallo temporale,  $WFLOW$  è calcolato tramite l'equazione di Manning. Il flusso in uscita istantaneo è anche il valore del flusso che viene trasferito ai successivi moduli di SWMM.

Nonostante la soluzione dell'equazione alle differenze finite sia immediata e semplice, delle peculiarità esistono nel modo in cui alcuni parametri per le singole sottoaree (A1, A2 e A3) vengono specificate. In particolare, solo due valori di  $WCON$  sono calcolati, uno per l'area permeabile ed uno per l'intera area impermeabile. Così, per il calcolo delle altezze nelle sottoaree impermeabili A1 e A3 si utilizza il medesimo  $WCON$ , ottenuto utilizzando l'area impermeabile totale. Tuttavia, il flusso istantaneo è calcolato usando l'area individuale di ciascuna sottoarea (ad esempio A1 o A3). L'influenza netta per le sottoaree A1 e A3 è

ottenuta riducendo le larghezze in proporzione a  $A1/(A1+A3)$  o  $A3/(A1+A3)$ . Test numerici di questo schema confrontati con uno che utilizza aree individuali (con larghezze proporzionali) nel parametro WCON, indicano che si ha un risultato che può essere ritenuto soddisfacente.

Prima di eseguire questi calcoli, il programma verifica se le perdite sono maggiori dell'altezza della precipitazione più le riserve di acqua. In tal caso, le perdite (evaporazione più infiltrazione) assorbono tutta l'acqua ed il flusso è nullo. Similmente, se le perdite da sole sono sufficienti ad abbassare il livello dell'acqua al di sotto delle depressioni superficiali, la nuova altezza è calcolata solo su questa base ed il deflusso è nullo.

Lo schema computazionale si è dimostrato abbastanza stabile. L'unico caso in cui si verificano problemi di non-convergenza (oppure un tentativo di calcolare un'altezza negativa) è quando le sottoaree sono molto piccole (pochi metri quadrati) unite a intervalli temporali molto grandi (ad esempio dieci minuti). Qualora il programma segnali un messaggio di non convergenza, normalmente si può eliminare il problema aumentando l'area in questione o riducendo l'intervallo temporale.

La propagazione dei flussi generati è stabilita separatamente per ciascuna delle tre sottoaree del sottobacino.

Il flusso superficiale è calcolato come il prodotto della velocità per altezza e larghezza, (dall'equazione di Manning (3.2) basata sulla differenza tra l'altezza totale e le depressioni superficiali).

Si noti che larghezza, pendenza e coefficiente di scabrezza di Manning sono combinati in unico parametro. Così, cambiamenti equivalenti possono essere apportati alterando uno qualsiasi dei tre parametri. Si noti anche che la larghezza e la pendenza sono uguali per le aree permeabili ed impermeabili. Il coefficiente di scabrezza di Manning e l'area relativa sono gli unici parametri disponibili per il modellatore per caratterizzare il contributo delle aree permeabili ed impermeabili nell'idrogramma di uscita.

I flussi calcolati nel modulo RUNOFF e trasferiti ai moduli successivi sono valori istantanei al tempo finale dell'intervallo.

#### *7.1.1.4 I flussi sotterranei*

La componente sotterranea simula due zone – una superiore (insatura) ed una inferiore (satura). Il flusso dalla zona insatura a quella satura è regolata da un'equazione di percolazione nella quale i parametri possono essere sia stimati che calibrati, in base alla disponibilità dei dati. L'unico flusso in entrata è l'infiltrazione calcolata dal modulo RUNOFF. L'evapotraspirazione nella zona superiore risulta l'unica causa di perdite nella zona insatura. Perdite e deflusso dalla zona inferiore possono avvenire tramite percolazione profonda, evapotraspirazione, e scorrimento sotterraneo. Il flusso sotterraneo è una funzione della tavola d'acqua ed eventualmente dell'altezza dell'acqua nel corso d'acqua di drenaggio.

Lo scorrimento sotterraneo rappresenta il flusso laterale dalla zona satura al corso d'acqua ricevente. L'equazione del flusso assume la seguente formula generale:

$$GWFLW = A1 \cdot (D1-BC)B1 - TWBC + A3 \cdot D1 \cdot BC$$

e

$$TWFLW = A2 \cdot (TW-BC) B2$$

dove GWFLW = velocità del flusso sotterraneo all'inizio dell'intervallo temporale (per area del sottobacino)

TWFLW = influenza della velocità del flusso dell'acqua del corso d'acqua all'inizio dell'intervallo temporale (per area del sottobacino),

A1, A2, A3 = coefficienti di influenza del flusso sotterraneo e del corso d'acqua,

B1, B2 = esponenti di influenza del flusso sotterraneo e dell'acqua nel corso d'acqua,

D1 = altezza della zona inferiore all'inizio dell'intervallo temporale,

BC = altezza del fondo del corso d'acqua,

TW = altezza dell'acqua nel corso d'acqua.

Se D1 è minore di BC o TW, GWFLW è posto uguale a zero. Inoltre se TW = BC e B2 = 0, allora la forma indeterminata zero elevato a zero è posta uguale a uno dal programma.

Poiché il flusso sotterraneo può avere notevoli dimensioni, un flusso medio è calcolato iterativamente ad ogni intervallo temporale. I flussi sotterranei possono essere indirizzati a qualsiasi nodo del reticolo drenante o a qualsiasi tratto fluviale, permettendo di isolare i vari componenti dell'idrogramma totale. Quindi il flusso sotterraneo non deve necessariamente essere indirizzato alla stessa destinazione del flusso superficiale di ogni sottobacino. L'influsso dell'acqua nel corso d'acqua sul flusso sotterraneo può essere trattato in due modi distinti. La prima opzione prevede che l'altezza dell'acqua nel corso d'acqua, TW, risulti una costante maggiore od uguale al valore dell'altezza del fondo del corso d'acqua, BC, e che A2, B2 e/o A3 abbiano valori maggiori di zero. La scelta di questo metodo equivale a specificare una influenza media dell'acqua nel corso d'acqua per tutto lo scorrimento da usare per ciascun intervallo temporale. La seconda opzione fissa l'altezza dell'acqua nel canale o fiume, TW, uguale al reale valore del tirante nel tratto considerato. Per questa impostazione, il flusso sotterraneo deve essere indirizzato ad un corso d'acqua e non ad un nodo. L'altezza idrica nel corso d'acqua (TW-BC) è poi determinata per ogni intervallo temporale come l'altezza al precedente intervallo temporale. L'altezza all'inizio dell'intervallo temporale deve essere utilizzato per evitare iterazioni complesse e lunghe nella combinazione con l'equazione della portata del corso d'acqua. A causa di questo compromesso, l'acqua sotterranea può "pulsare" all'oscillare di D1 appena sopra e sotto di TW.

Questa pulsazione può introdurre errori nella continuità ed, ovviamente, non è rappresentativa del sistema reale. Intervalli temporali più corti e canali più larghi o meno pendenti (riducendo così la risposta del corso d'acqua) possono essere utilizzati per ridurre le pulsazioni. Infine, la selezione di A1, B1, A2, B2, e A3 deve essere fatta con cautela affinché GWFLW non diventi negativo. Nonostante questo possa accadere nel sistema reale, indicando un ricaricamento dal corso d'acqua, non esiste attualmente modo per rappresentare questo flusso contrario e sottrarlo dal corso d'acqua. Un modo per eludere questo è rendere A1 più grande o uguale ad A2 e B1 più grande o uguale a B2, e B3 uguale a zero.

### 7.1.2 Il modulo “extran” di SWMM (propagazione nel reticolo idrografico)

Il deflusso superficiale raggiunge la rete drenante e la sua propagazione viene simulata risolvendo, per ogni tubazione, il seguente sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali rappresentanti l'equazione di bilancio di massa

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

e l'equazione del momento della quantità di moto

$$g \cdot A \cdot \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial(Q^2 / A)}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial t} + g \cdot A \cdot S_f = 0$$

con

$$S_f = \frac{Q \cdot |v|}{n^2 \cdot A \cdot R^{4/3}}$$

dove:

- Q è la portata nel condotto funzione del tempo e dello spazio,
- x l'ascissa longitudinale del condotto, variabile indipendente spazio,
- A è la sezione del condotto di fognatura,
- t la variabile indipendente tempo,
- g l'accelerazione di gravità,
- H è il carico piezometrico z+y, con z quota di fondo alveo e y tirante idrico,
- S<sub>f</sub> la pendenza della linea dei carichi,
- R è il raggio idraulico del condotto,
- v la velocità media nel condotto,
- n il suo coefficiente di scabrezza secondo Manning.

Oltre alle equazioni differenziali descritte, il modello impone contemporaneamente, attraverso ulteriori

equazioni, le condizioni al contorno, ed in particolare l'identità del livello in tutti gli estremi di tratti fluviali che connettono lo stesso nodo, il legame tra livello raggiunto nei nodi, dimensione fisica delle confluenze e livelli idrici nei tratti riceventi.

Le condizioni iniziali nei tronchi vengono invece calcolate sulla base delle condizioni al contorno che riguardano i riceventi e della portata iniziale in ogni tratto.

## **7.2 I PARAMETRI AL CONTORNO**

---

Tutti i sottobacini relativi alla piattaforma stradale hanno le seguenti caratteristiche:

- Lama d'acqua di detenzione superficiale: 1.27mm;
- Coefficiente di scabrezza secondo Manning:  $0.011 (m^{1/3}/s)^{-1}$ ;
- Pendenza: 2.5% - 7% a seconda che il tratto studiato sia in curva o in rettilineo;
- CN: 97;
- Coefficiente di deflusso  $\phi=0.9$ .

Tutti i sottobacini relativi alle scarpate hanno invece le seguenti caratteristiche:

- Lama d'acqua di detenzione superficiale: 2.54mm;
- Coefficiente di scabrezza secondo Manning:  $0.05 (m^{1/3}/s)^{-1}$ ;
- Pendenza: 67% (equivale ad una scarpata 2 su 3);
- CN: 80;
- Coefficiente di deflusso  $\phi=0.5$ .

## 8 DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

### 8.1 DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI DRENAGGIO

---

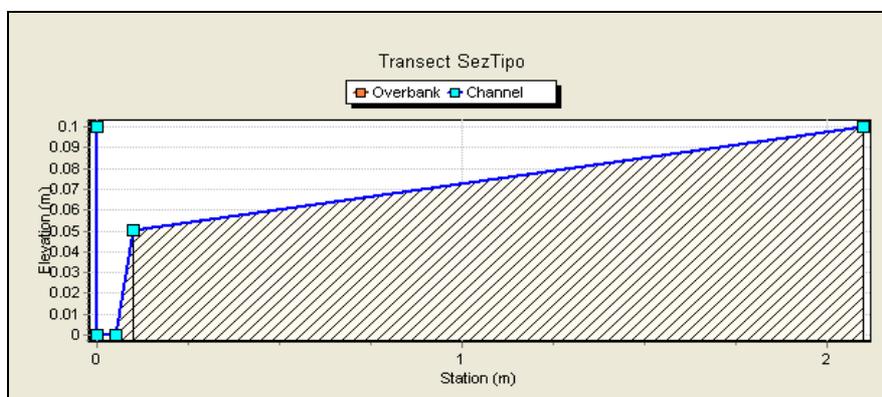
Nei paragrafi successivi si riportano i criteri generali di dimensionamento di tutti gli elementi che costituiscono il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma.

Il sistema è del tipo aperto, risulta perciò costituito da un sistema di canalette ad embrici che raccolgono le acque di piattaforma e che le immettono nei fossi disperdenti.

#### 8.1.1 Verifica degli elementi di margine

La conformazione della piattaforma stradale consente il deflusso delle acque meteoriche verso il margine della carreggiata stradale, presso il ciglio si origina quindi un'area di deflusso a forma trapezoidale che interessa la banchina stradale. Le condizioni di deflusso idrico lungo il margine stradale sono determinate dalle pendenze longitudinali e trasversali del corpo stradale, tali parametri individuano quindi la capacità di deflusso che può ottenersi lungo il ciglio. La capacità idraulica lungo il margine stradale è limitata dalla larghezza massima ammissibile per il velo idrico in piattaforma che evidentemente non deve interessare in alcun modo la parte carrabile della piattaforma stradale. La verifica degli elementi di margine consiste quindi nel rapportare la capacità idraulica del margine stradale il tratto di interesse alla stima della portata meteorica afferente; dagli esiti di tale raffronto si ricava l'interasse massimo al quale devono porsi gli elementi di raccolta delle acque meteoriche (embrici) per evitare il rischio che il deflusso idrico possa interessare anche il traffico veicolare.

Il calcolo del deflusso idrico in banchina viene eseguito considerando una sezione di deflusso trapezoidale di dimensioni 5+5 di base (nell'immagine il tipologico per il tratto in rettilineo), delimitata dal cordolo laterale e dal piano stradale inclinato, e una dimensione degli embrici pari a 28x7cm. Nella modellazione è stato implementato lo ietogramma corrispondente ad una pioggia di 27mm in 15 minuti con un picco di 15mm in 5 minuti.

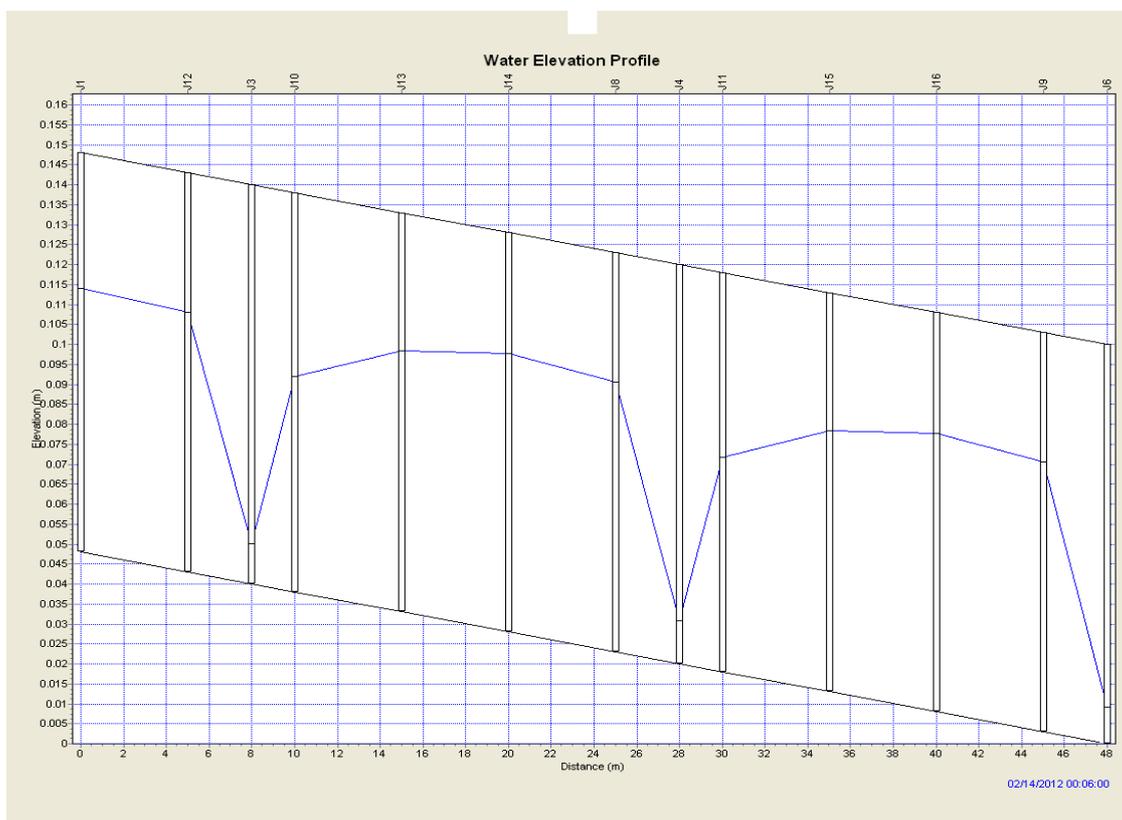


### 8.1.1.1 Tratti in rettilineo

Il tratto di piattaforma scolante considerato ha una larghezza di 6m con le caratteristiche definite al paragrafo 7.2.

L'interasse tra gli embrici affinché essi siano in grado di smaltire la portata in arrivo è di 20 metri con un allargamento della piattaforma stradale di 80 cm nel caso più sfortunato di una pendenza longitudinale pari a 0,001. Si riportano nell'allegato 1 i risultati ottenuti dall'analisi di un tratto tipologico.

**FIGURA 4** PROFILO DI RIGURGITO DI UN TRATTO DI CANALETTA – PASSO EMBRICI 20 METRI

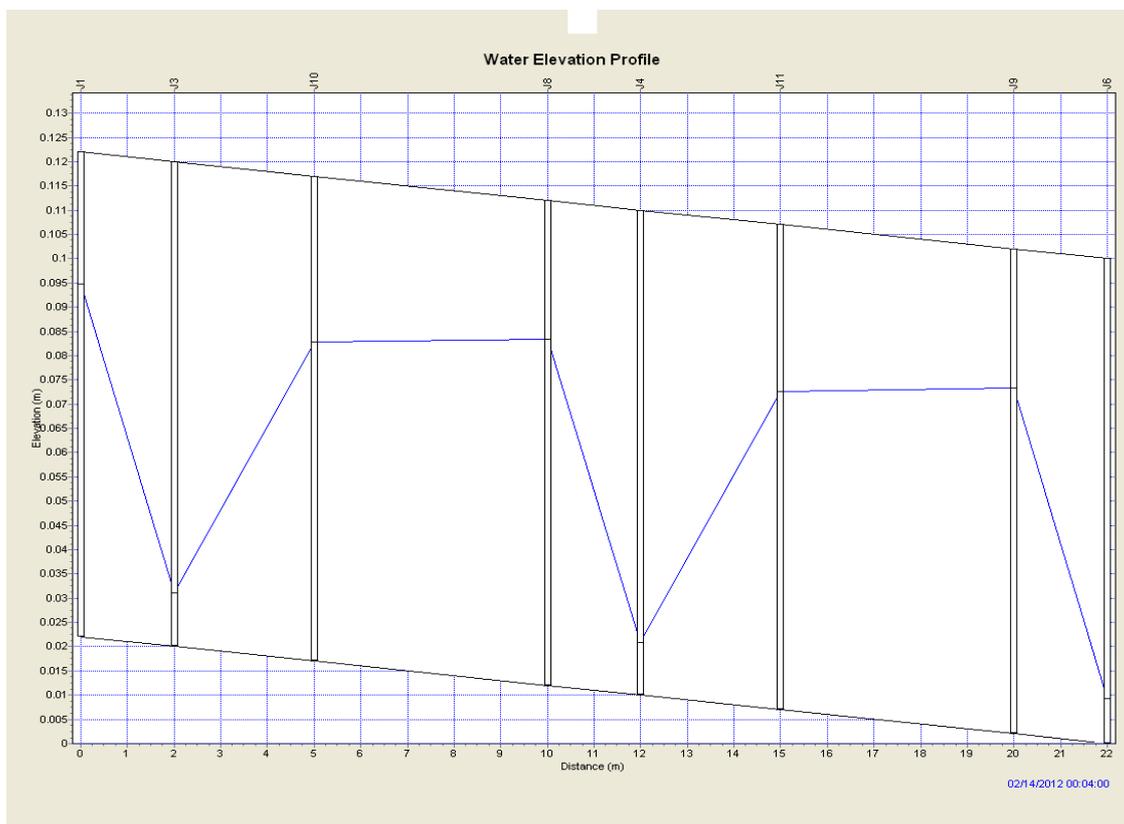


8.1.1.2 Tratti in curva

Il tratto di piattaforma scolante considerato ha una larghezza di 12m con le caratteristiche definite al paragrafo 7.2.

L'interasse tra gli embrici affinché essi siano in grado di smaltire la portata in arrivo è di 10 metri con un allagamento della piattaforma stradale di 50 cm nel caso più sfortunato di una pendenza longitudinale pari a 0,001. Si riportano nell'allegato 1 i risultati ottenuti dall'analisi di un tratto tipologico.

**FIGURA 5** FILO DI RIGURGITO DI UN TRATTO DI CANALETTA – PASSO EMBRICI 10 METRI



## **9 Idraulica degli scarichi e sistemi di raccolta sui viadotti e ponti**

Le verifiche da eseguire per quanto riguarda i ponti sono:

- Verifica dell'interasse tra gli scarichi;
- Verifica della capacità della tubazione di smaltimento delle acque.

Dal momento che i tratti di piattaforma da verificare sono in rettilineo, la larghezza considerata nelle analisi è di 6 metri con le caratteristiche definite al paragrafo 7.2.

### **9.1 VERIFICA DELL'INTERASSE TRA GLI SCARICHI**

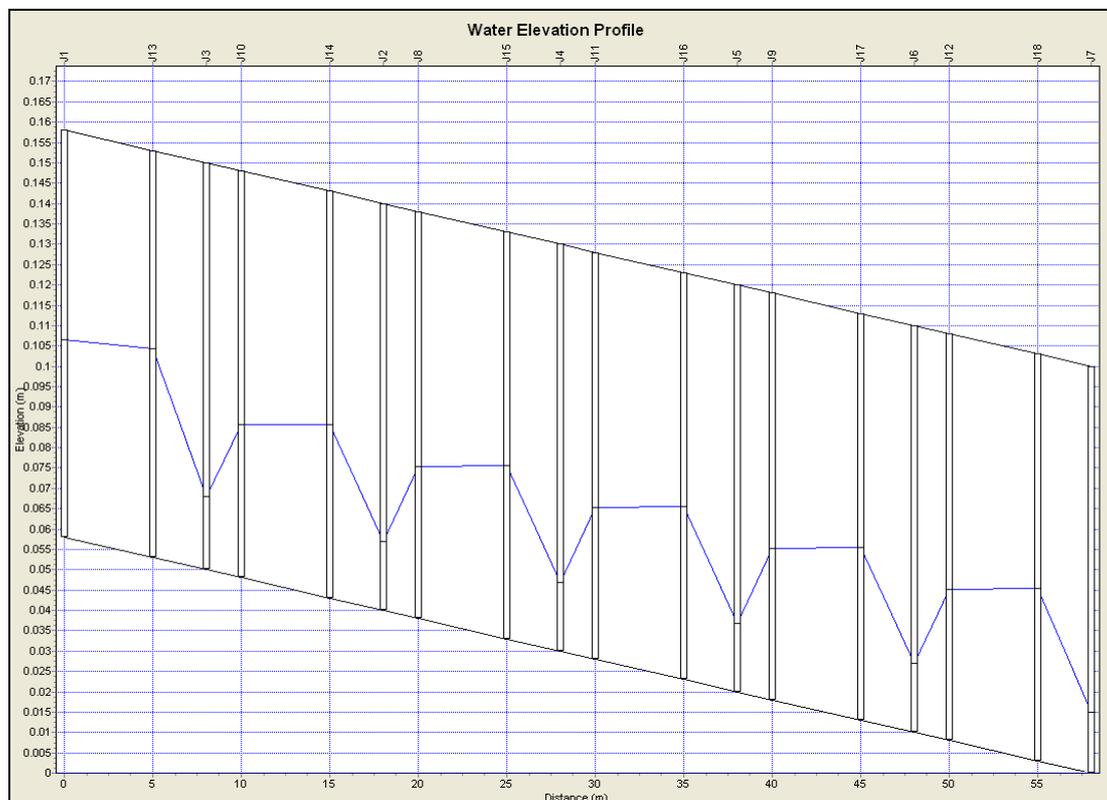
---

La raccolta e lo smaltimento delle acque avviene attraverso una canaletta di 5+5 standard con uscite puntuali nella caditoia di dimensioni 50x32x16cm da cui si accede agli scarichi. L'analisi idraulica parte dalla definita geometria della canaletta e degli scarichi (tubazioni di diametro 12cm) per giungere alla definizione dell'interasse tra gli scarichi stessi. Nella modellazione è stato implementato lo ietogramma corrispondente ad una pioggia di 27mm in 15 minuti con un picco di 15mm in 5 minuti (Figura 1).

Il passo degli scarichi risulta essere di 10 metri. In questa condizione la canaletta riesce a smaltire tutta l'acqua in ingresso senza allagamenti della piattaforma stradale. Il passo è stato scelto considerando di garantire la viabilità anche in caso di occlusione di alcuni scarichi.

Di seguito si mostra il profilo di rigurgito di un tratto studiato di canaletta con scarichi ogni 10 metri, di cui si riportano i risultati nell'allegato 2.

FIGURA 6: PROFILO DI RIGURGITO DI UN TRATTO DI CANALETTA – PASSO SCARICHI 10 METRI

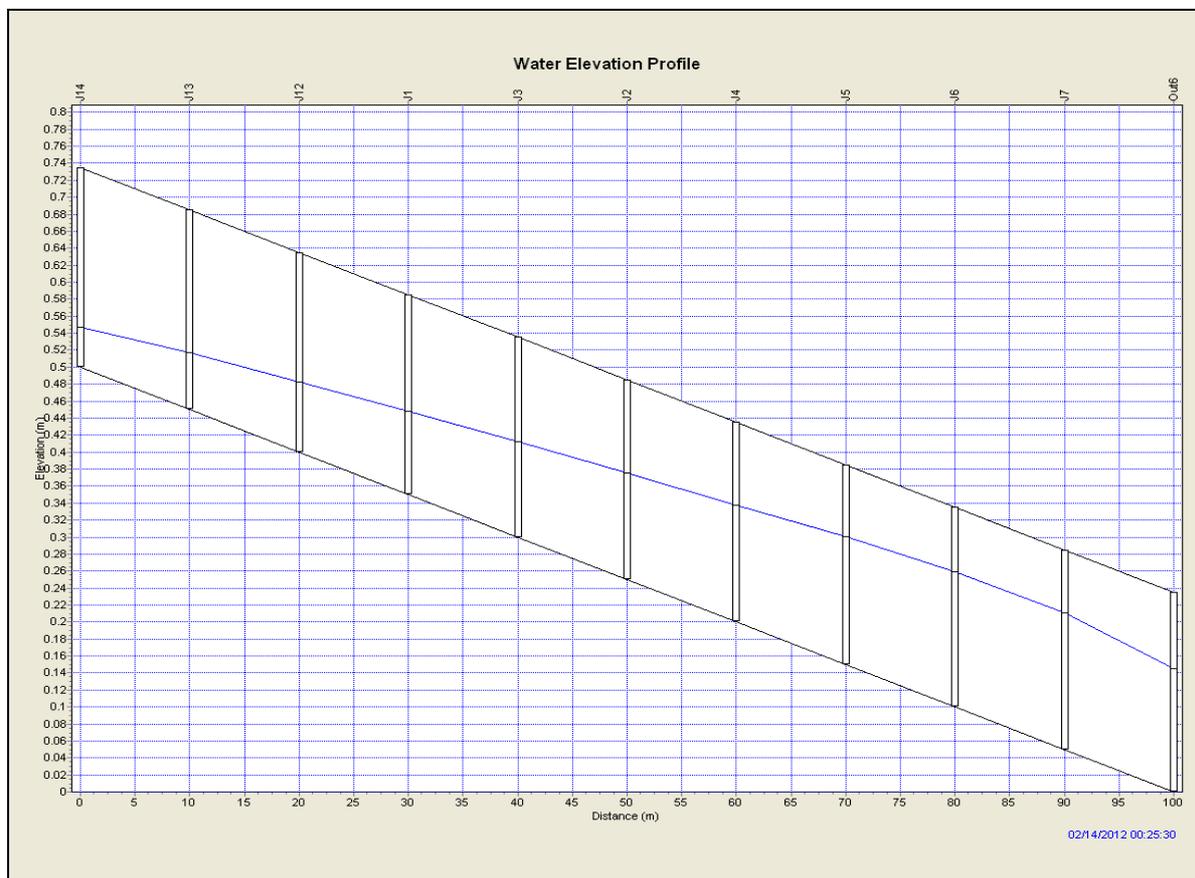


## 9.2 VERIFICA DELLA CAPACITÀ DELLA TUBAZIONE DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE

In questo tratto i ponti presenti sono quello sul torrente Enza e quello sul Canalazzo di Brescello. Le tubazioni dovranno essere in PVC; si è considerato un coefficiente di scabrezza pari a  $75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . Per lo smaltimento delle acque di piattaforma è necessaria una tubazione del diametro  $\phi 300$  interno in modo tale da garantire un riempimento massimo del 70% e una velocità effettiva compresa tra 0,6 e 5 m/s.

Tra i casi analizzati, quello peggiore risulta essere il tratto del ponte sull'Enza di lunghezza 100m e con pendenza pari a 0.005 per una durata di pioggia di 45 minuti. Si riporta di seguito il profilo di rigurgito di questo tratto che presenta un grado massimo di riempimento pari al 68%. Di questo si riportano i risultati nell'allegato 2.

**FIGURA 7: PROFILO DI RIGURGITO DEL COLLETTORE DI LUNGHEZZA 100 METRI CON PENDENZA 0.005**



## 10 DIMENSIONAMENTO DEI FOSSI DI LAMINAZIONE

I fossi di guardia al piede del rilevato sono impostati in modo da garantire la laminazione delle acque di piattaforma prima del collegamento ai canali recettori. La necessità di contenere le portate scaricate nel reticolo idrico superficiale e nel contempo l'esigenza di limitare l'impatto sul territorio della nuova opera in termini di aumento delle superfici impermeabili determina il dimensionamento dei fossi di guardia, ovvero le dimensioni dei fossi sono ricavate in modo da garantire un franco di almeno 5-10cm e lo scarico controllato delle portate idrauliche assumendo come limite di scarico il valore di 8 l/s\*ha (vedi Tabella 5-1). Oltre ai vincoli rappresentati dal limite allo scarico sopra menzionato, occorre dimensionare i fossi di scolo delle acque di piattaforma autostradale garantendo sempre un volume di laminazione almeno pari a 500 m<sup>3</sup>/ha di superficie impermeabilizzata.

Le caratteristiche degli elementi di input sono quelle definite al paragrafo 7.2.

Nella modellazione sono stati implementati gli ietogrammi corrispondenti a piogge di durata 1,1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore al fine di valutare la capacità laminativa dei fossi. I fossi con forma geometrica definita a seconda dei casi ed a pendenza zero, garantiscono il corretto deflusso delle acque ed una corretta laminazione, per eventi di pioggia intensi e di breve durata per TR assegnato.

L'effettiva limitazione delle portate scaricate nel reticolo superficiale si ottiene prevedendo in corrispondenza della sezione terminale del fosso un opportuno modulatore ove è realizzata presso il fondo una luce di scarico.

### 10.1 FOSSI IN RETTILINEO

In rettilineo la sezione tipologica presenta una forma trapezia con base maggiore di 3,00m, altezza media di 0,5m e pendenza delle sponde 2/3. Nei tratti non vincolati dalla protezione dell'acquifero i fossi sono realizzati con materiale prevalentemente argilloso al fine di garantire una buona tenuta idraulica.

Dalle analisi condotte risulta che a seguito della presenza del modulatore imposto a valle e fissato con una tubazione del  $\phi 250$  (in realtà le verifiche imporrebbero un  $\phi 100$  insostenibile per le inevitabili carenze manutentive dello stesso), il caso peggiore è quello di durata 12h proprio perché vince sul deflusso l'azione laminativa del fosso. Data la dimensione dei fossi, la restrizione sul volume minimo d'invaso è sempre verificata. Si riportano nell'allegato 3 i risultati dell'elaborazione per un tratto tipologico di lunghezza 300m e luce  $\phi 100$ .

### 10.2 FOSSI IN CURVA

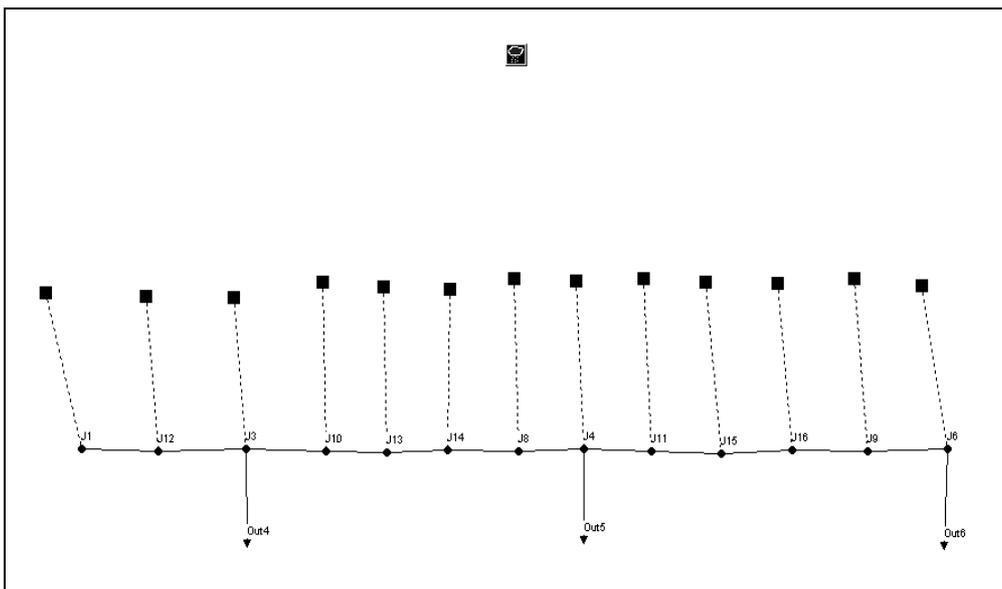
In curva sono due le sezioni tipologiche:

- Fosso curva interna, che presenta una forma trapezia con base maggiore di 3.5m, altezza media di 0,5m e pendenza delle sponde pari a 2/3. Nei tratti non vincolati dalla protezione dell'acquifero essi sono costruiti con materiale prevalentemente argilloso al fine di garantire una buona tenuta idraulica;
- Fosso curva esterna, che presenta una forma trapezia con base maggiore di 1,50m ed altezza media di 0,5m.

Dalle analisi condotte risulta che a seguito della presenza del modulatore imposto a valle e fissato con una tubazione del  $\phi 250$  (in realtà le verifiche imporrebbero un  $\phi 120$  insostenibile per le inevitabili carenze manutentive dello stesso), il caso peggiore è quello di durata 12h proprio perché vince sul deflusso l'azione laminativa del fosso. Data la dimensione dei fossi, la restrizione sul volume minimo d'invaso è sempre verificata. Si riportano nell'allegato 3 i risultati dell'elaborazione per un tratto tipologico di lunghezza 630m e luce  $\phi 120$ .

**ALLEGATO 1: RISULTATI DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO**

TRATTI IN RETTILINEO



EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.022)

\*\*\*\*\*  
 NOTE: The summary statistics displayed in this report are based on results found at every computational time step, not just on results from each reporting time step.  
 \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*  
 Analysis Options  
 \*\*\*\*\*  
 Flow Units ..... LPS  
 Process Models:  
 Rainfall/Runoff ..... YES  
 Snowmelt ..... NO  
 Groundwater ..... NO  
 Flow Routing ..... YES  
 Ponding Allowed ..... YES  
 Water Quality ..... NO  
 Infiltration Method ..... CURVE\_NUMBER  
 Flow Routing Method ..... DYNWAVE  
 Starting Date ..... FEB-14-2012 00:00:00  
 Ending Date ..... FEB-14-2012 05:00:00  
 Antecedent Dry Days ..... 0.0  
 Report Time Step ..... 00:00:30  
 Wet Time Step ..... 00:00:05



Dry Time Step ..... 00:00:30

Routing Time Step ..... 1.00 sec

| *****                      | Volume    | Depth  |
|----------------------------|-----------|--------|
| Runoff Quantity Continuity | hectare-m | mm     |
| *****                      | -----     | -----  |
| Total Precipitation .....  | 0.001     | 27.000 |
| Evaporation Loss .....     | 0.000     | 0.000  |
| Infiltration Loss .....    | 0.000     | 0.000  |
| Surface Runoff .....       | 0.001     | 26.052 |
| Final Surface Storage .... | 0.000     | 0.953  |
| Continuity Error (%) ..... | 0.000     |        |

| *****                      | Volume    | Volume   |
|----------------------------|-----------|----------|
| Flow Routing Continuity    | hectare-m | 10^6 ltr |
| *****                      | -----     | -----    |
| Dry Weather Inflow .....   | 0.000     | 0.000    |
| Wet Weather Inflow .....   | 0.001     | 0.008    |
| Groundwater Inflow .....   | 0.000     | 0.000    |
| RDII Inflow .....          | 0.000     | 0.000    |
| External Inflow .....      | 0.000     | 0.000    |
| External Outflow .....     | 0.001     | 0.008    |
| Internal Outflow .....     | 0.000     | 0.000    |
| Storage Losses .....       | 0.000     | 0.000    |
| Initial Stored Volume .... | 0.000     | 0.000    |
| Final Stored Volume .....  | 0.000     | 0.000    |
| Continuity Error (%) ..... | 0.000     |          |

\*\*\*\*\*  
Time-Step Critical Elements  
\*\*\*\*\*

None

\*\*\*\*\*  
Highest Flow Instability Indexes  
\*\*\*\*\*

All links are stable.

\*\*\*\*\*  
Routing Time Step Summary  
\*\*\*\*\*

Minimum Time Step : 1.00 sec  
Average Time Step : 1.00 sec  
Maximum Time Step : 1.00 sec  
Percent in Steady State : 0.00  
Average Iterations per Step : 2.00

\*\*\*\*\*  
Subcatchment Runoff Summary  
\*\*\*\*\*



| Subcatchment | Total Precip<br>mm | Total Runon<br>mm | Total Evap<br>mm | Total Infil<br>mm | Total Runoff<br>mm | Total Runoff<br>mm | Peak Runoff<br>10^6 ltr | Runoff<br>LPS |
|--------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|---------------|
| S1           | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 1.50                    | 0.965         |
| S2           | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 0.75                    | 0.965         |
| S3           | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 1.50                    | 0.965         |
| S4           | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 0.75                    | 0.965         |
| S5           | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 1.50                    | 0.965         |
| S6           | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 1.50                    | 0.965         |
| S7           | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 0.50                    | 0.965         |
| S8           | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 1.50                    | 0.965         |
| S9           | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 1.50                    | 0.965         |
| S10          | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 0.50                    | 0.965         |
| S11          | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 1.50                    | 0.965         |
| S12          | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 1.50                    | 0.965         |
| S13          | 27.00              | 0.00              | 0.00             | 0.00              | 26.05              | 0.00               | 0.75                    | 0.965         |

\*\*\*\*\*

Node Depth Summary

\*\*\*\*\*

| Node | Type     | Average Depth<br>Meters | Maximum Depth<br>Meters | Maximum HGL<br>Meters | Time of Max Occurrence<br>days hr:min |
|------|----------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| J1   | JUNCTION | 0.00                    | 0.07                    | 0.11                  | 0 00:06                               |
| J3   | JUNCTION | 0.00                    | 0.01                    | 0.05                  | 0 00:06                               |
| J4   | JUNCTION | 0.00                    | 0.01                    | 0.03                  | 0 00:06                               |
| J6   | JUNCTION | 0.00                    | 0.01                    | 0.01                  | 0 00:06                               |
| J8   | JUNCTION | 0.00                    | 0.07                    | 0.09                  | 0 00:06                               |
| J9   | JUNCTION | 0.00                    | 0.07                    | 0.07                  | 0 00:06                               |
| J10  | JUNCTION | 0.00                    | 0.05                    | 0.09                  | 0 00:06                               |
| J11  | JUNCTION | 0.00                    | 0.05                    | 0.07                  | 0 00:06                               |
| J12  | JUNCTION | 0.00                    | 0.07                    | 0.11                  | 0 00:06                               |
| J13  | JUNCTION | 0.00                    | 0.07                    | 0.10                  | 0 00:06                               |
| J14  | JUNCTION | 0.00                    | 0.07                    | 0.10                  | 0 00:06                               |
| J15  | JUNCTION | 0.00                    | 0.07                    | 0.08                  | 0 00:06                               |
| J16  | JUNCTION | 0.00                    | 0.07                    | 0.08                  | 0 00:06                               |
| Out4 | OUTFALL  | 0.00                    | 0.01                    | -0.99                 | 0 00:06                               |
| Out5 | OUTFALL  | 0.00                    | 0.01                    | -0.99                 | 0 00:06                               |
| Out6 | OUTFALL  | 0.00                    | 0.01                    | -0.99                 | 0 00:06                               |

\*\*\*\*\*

Node Inflow Summary

\*\*\*\*\*

| Node | Type | Maximum Lateral Inflow<br>LPS | Maximum Total Inflow<br>LPS | Maximum Time of Max Occurrence<br>days hr:min | Lateral Inflow Volume<br>10^6 ltr | Total Inflow Volume<br>10^6 ltr |
|------|------|-------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|
|------|------|-------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|



|      |          |      |      |         |       |       |
|------|----------|------|------|---------|-------|-------|
| J1   | JUNCTION | 1.50 | 1.50 | 0 00:06 | 0.001 | 0.001 |
| J3   | JUNCTION | 0.50 | 5.07 | 0 00:06 | 0.000 | 0.003 |
| J4   | JUNCTION | 0.50 | 5.64 | 0 00:06 | 0.000 | 0.003 |
| J6   | JUNCTION | 0.75 | 4.30 | 0 00:06 | 0.000 | 0.002 |
| J8   | JUNCTION | 1.50 | 3.58 | 0 00:06 | 0.001 | 0.002 |
| J9   | JUNCTION | 1.50 | 3.58 | 0 00:06 | 0.001 | 0.002 |
| J10  | JUNCTION | 0.75 | 1.61 | 0 00:06 | 0.000 | 0.001 |
| J11  | JUNCTION | 0.75 | 1.61 | 0 00:06 | 0.000 | 0.001 |
| J12  | JUNCTION | 1.50 | 3.00 | 0 00:06 | 0.001 | 0.002 |
| J13  | JUNCTION | 1.50 | 1.50 | 0 00:06 | 0.001 | 0.001 |
| J14  | JUNCTION | 1.50 | 2.12 | 0 00:06 | 0.001 | 0.001 |
| J15  | JUNCTION | 1.50 | 1.50 | 0 00:06 | 0.001 | 0.001 |
| J16  | JUNCTION | 1.50 | 2.11 | 0 00:06 | 0.001 | 0.001 |
| Out4 | OUTFALL  | 0.00 | 5.07 | 0 00:06 | 0.000 | 0.003 |
| Out5 | OUTFALL  | 0.00 | 5.64 | 0 00:06 | 0.000 | 0.003 |
| Out6 | OUTFALL  | 0.00 | 4.30 | 0 00:06 | 0.000 | 0.002 |

\*\*\*\*\*

Node Surcharge Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were surcharged.

\*\*\*\*\*

Node Flooding Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were flooded.

\*\*\*\*\*

Outfall Loading Summary

\*\*\*\*\*

| Outfall Node | Flow Freq. Pcnt. | Avg. Flow LPS | Max. Flow LPS | Total Volume 10^6 ltr |
|--------------|------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| Out4         | 8.60             | 1.71          | 5.07          | 0.003                 |
| Out5         | 11.22            | 1.47          | 5.64          | 0.003                 |
| Out6         | 11.23            | 1.12          | 4.30          | 0.002                 |
| System       | 10.35            | 4.30          | 15.01         | 0.008                 |

\*\*\*\*\*

Link Flow Summary

\*\*\*\*\*

| Link | Type    | Maximum  Flow  LPS | Time of Occurrence days hr:min | Max  Veloc  m/sec | Maximum Full Flow | Max/ Full Depth |
|------|---------|--------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| C1   | CHANNEL | 1.50               | 0 00:06                        | 0.27              | 0.11              | 0.66            |



|     |         |      |   |       |      |      |      |
|-----|---------|------|---|-------|------|------|------|
| C3  | CHANNEL | 0.86 | 0 | 00:06 | 0.19 | 0.06 | 0.60 |
| C4  | CHANNEL | 3.56 | 0 | 00:06 | 1.30 | 0.27 | 0.39 |
| C5  | CHANNEL | 0.86 | 0 | 00:06 | 0.19 | 0.07 | 0.60 |
| C7  | CHANNEL | 3.55 | 0 | 00:06 | 1.34 | 0.27 | 0.38 |
| C12 | CHANNEL | 1.58 | 0 | 00:06 | 0.75 | 0.12 | 0.32 |
| C13 | CHANNEL | 1.59 | 0 | 00:06 | 0.75 | 0.12 | 0.32 |
| C15 | CONDUIT | 5.07 | 0 | 00:06 | 1.91 | 0.04 | 0.14 |
| C16 | CONDUIT | 5.64 | 0 | 00:06 | 1.97 | 0.05 | 0.15 |
| C17 | CONDUIT | 4.30 | 0 | 00:06 | 1.76 | 0.04 | 0.12 |
| C18 | CHANNEL | 2.99 | 0 | 00:06 | 1.16 | 0.23 | 0.38 |
| C19 | CHANNEL | 0.62 | 0 | 00:06 | 0.12 | 0.05 | 0.68 |
| C20 | CHANNEL | 2.08 | 0 | 00:06 | 0.29 | 0.16 | 0.69 |
| C21 | CHANNEL | 0.61 | 0 | 00:06 | 0.12 | 0.05 | 0.68 |
| C22 | CHANNEL | 2.08 | 0 | 00:06 | 0.29 | 0.16 | 0.69 |

\*\*\*\*\*

Flow Classification Summary

\*\*\*\*\*

| Conduit | Adjusted<br>/Actual<br>Length | --- Fraction of Time in Flow Class --- |             |            |             |            |              |      |      | Avg.<br>Froude<br>Number | Avg.<br>Flow<br>Change |
|---------|-------------------------------|--|-------------|------------|-------------|------------|--------------|------|------|--------------------------|------------------------|
|         |                               | Up<br>Dry                              | Down<br>Dry | Sub<br>Dry | Sup<br>Crit | Up<br>Crit | Down<br>Crit | Crit | Crit |                          |                        |
| C1      | 1.00                          | 0.00                                   | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.06 | 0.0000                   |                        |
| C3      | 1.00                          | 0.00                                   | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.06 | 0.0000                   |                        |
| C4      | 1.00                          | 0.00                                   | 0.00        | 0.00       | 0.89        | 0.11       | 0.00         | 0.00 | 0.39 | 0.0000                   |                        |
| C5      | 1.00                          | 0.00                                   | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.06 | 0.0000                   |                        |
| C7      | 1.00                          | 0.00                                   | 0.00        | 0.00       | 0.89        | 0.11       | 0.00         | 0.00 | 0.39 | 0.0000                   |                        |
| C12     | 1.00                          | 0.00                                   | 0.52        | 0.00       | 0.43        | 0.05       | 0.00         | 0.00 | 0.09 | 0.0000                   |                        |
| C13     | 1.00                          | 0.00                                   | 0.37        | 0.00       | 0.57        | 0.05       | 0.00         | 0.00 | 0.09 | 0.0000                   |                        |
| C15     | 1.00                          | 0.52                                   | 0.00        | 0.00       | 0.14        | 0.34       | 0.00         | 0.00 | 1.20 | 0.0000                   |                        |
| C16     | 1.00                          | 0.38                                   | 0.00        | 0.00       | 0.15        | 0.48       | 0.00         | 0.00 | 1.64 | 0.0000                   |                        |
| C17     | 1.00                          | 0.37                                   | 0.00        | 0.00       | 0.15        | 0.48       | 0.00         | 0.00 | 1.63 | 0.0000                   |                        |
| C18     | 1.00                          | 0.00                                   | 0.00        | 0.00       | 0.92        | 0.08       | 0.00         | 0.00 | 0.30 | 0.0000                   |                        |
| C19     | 1.00                          | 0.00                                   | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.09 | 0.0000                   |                        |
| C20     | 1.00                          | 0.00                                   | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.11 | 0.0000                   |                        |
| C21     | 1.00                          | 0.00                                   | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.09 | 0.0000                   |                        |
| C22     | 1.00                          | 0.00                                   | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.11 | 0.0000                   |                        |

\*\*\*\*\*

Conduit Surge Summary

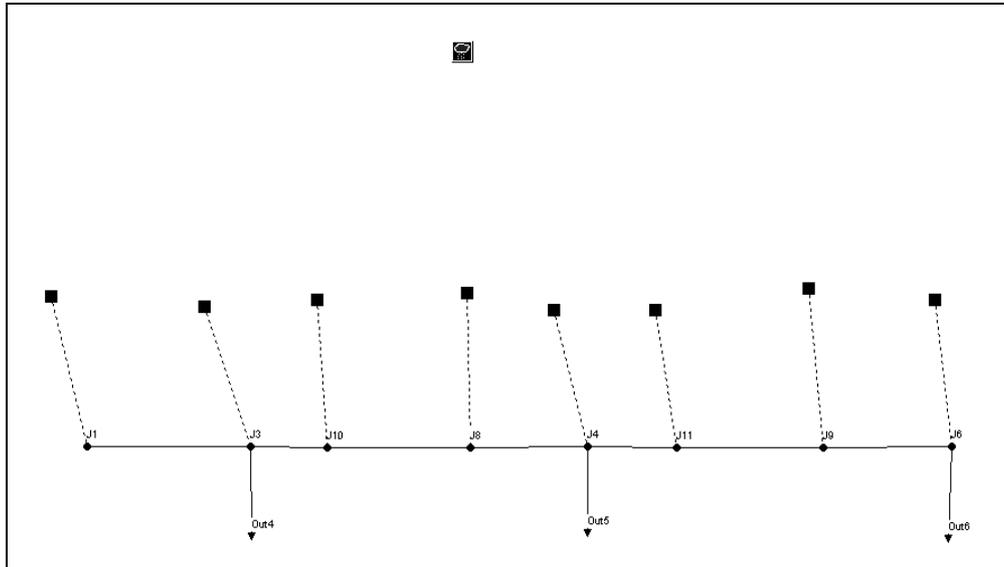
\*\*\*\*\*

No conduits were surcharged.

Analysis begun on: Sat Apr 14 16:19:02 2012

Analysis ended on: Sat Apr 14 16:19:03 2012

## TRATTI IN CURVA



EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.022)

\*\*\*\*\*  
NOTE: The summary statistics displayed in this report are based on results found at every computational time step, not just on results from each reporting time step.  
\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*  
Analysis Options  
\*\*\*\*\*  
Flow Units ..... LPS  
Process Models:  
Rainfall/Runoff ..... YES  
Snowmelt ..... NO  
Groundwater ..... NO  
Flow Routing ..... YES  
Ponding Allowed ..... YES  
Water Quality ..... NO  
Infiltration Method ..... CURVE\_NUMBER  
Flow Routing Method ..... DYNWAVE  
Starting Date ..... FEB-14-2012 00:00:00  
Ending Date ..... FEB-14-2012 05:00:00  
Antecedent Dry Days ..... 0.0  
Report Time Step ..... 00:00:30  
Wet Time Step ..... 00:00:05  
Dry Time Step ..... 00:00:30  
Routing Time Step ..... 1.00 sec



| *****                      | Volume    | Depth  |
|----------------------------|-----------|--------|
| Runoff Quantity Continuity | hectare-m | mm     |
| *****                      | -----     | -----  |
| Total Precipitation .....  | 0.001     | 27.000 |
| Evaporation Loss .....     | 0.000     | 0.000  |
| Infiltration Loss .....    | 0.000     | 0.000  |
| Surface Runoff .....       | 0.001     | 26.052 |
| Final Surface Storage .... | 0.000     | 0.953  |
| Continuity Error (%) ..... | 0.000     |        |

| *****                      | Volume    | Volume   |
|----------------------------|-----------|----------|
| Flow Routing Continuity    | hectare-m | 10^6 ltr |
| *****                      | -----     | -----    |
| Dry Weather Inflow .....   | 0.000     | 0.000    |
| Wet Weather Inflow .....   | 0.001     | 0.009    |
| Groundwater Inflow .....   | 0.000     | 0.000    |
| RDII Inflow .....          | 0.000     | 0.000    |
| External Inflow .....      | 0.000     | 0.000    |
| External Outflow .....     | 0.001     | 0.009    |
| Internal Outflow .....     | 0.000     | 0.000    |
| Storage Losses .....       | 0.000     | 0.000    |
| Initial Stored Volume .... | 0.000     | 0.000    |
| Final Stored Volume .....  | 0.000     | 0.000    |
| Continuity Error (%) ..... | 0.000     |          |

\*\*\*\*\*  
Time-Step Critical Elements  
\*\*\*\*\*

Link C15 (1.10%)

\*\*\*\*\*  
Highest Flow Instability Indexes  
\*\*\*\*\*

- Link C7 (4)
- Link C4 (4)
- Link C17 (3)
- Link C16 (3)
- Link C1 (3)

\*\*\*\*\*  
Routing Time Step Summary  
\*\*\*\*\*

Minimum Time Step : 0.50 sec  
Average Time Step : 0.99 sec  
Maximum Time Step : 1.00 sec  
Percent in Steady State : 0.00  
Average Iterations per Step : 2.00



**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA**

\*\*\*\*\*

Subcatchment Runoff Summary

\*\*\*\*\*

| Subcatchment | Total Precip | Total Runon | Total Evap | Total Infil | Total Runoff | Total Runoff | Peak Runoff | Runoff Coeff |
|--------------|--------------|-------------|------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
|              | mm           | mm          | mm         | mm          | mm           | mm           | 10^6 ltr    | LPS          |
| S1           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 3.00        | 0.965        |
| S2           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 1.80        | 0.965        |
| S3           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 3.00        | 0.965        |
| S4           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 1.80        | 0.965        |
| S5           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 3.00        | 0.965        |
| S6           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 1.20        | 0.965        |
| S7           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 1.20        | 0.965        |
| S8           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 1.80        | 0.965        |

\*\*\*\*\*

Node Depth Summary

\*\*\*\*\*

| Node | Type     | Average Depth | Maximum Depth | Maximum HGL | Time of Max Occurrence |
|------|----------|---------------|---------------|-------------|------------------------|
|      |          | Meters        | Meters        | Meters      | days hr:min            |
| J1   | JUNCTION | 0.00          | 0.07          | 0.10        | 0 00:03                |
| J3   | JUNCTION | 0.00          | 0.01          | 0.03        | 0 00:04                |
| J4   | JUNCTION | 0.00          | 0.01          | 0.02        | 0 00:05                |
| J6   | JUNCTION | 0.00          | 0.01          | 0.01        | 0 00:05                |
| J8   | JUNCTION | 0.00          | 0.07          | 0.08        | 0 00:04                |
| J9   | JUNCTION | 0.00          | 0.07          | 0.07        | 0 00:04                |
| J10  | JUNCTION | 0.00          | 0.07          | 0.08        | 0 00:04                |
| J11  | JUNCTION | 0.00          | 0.07          | 0.07        | 0 00:04                |
| Out4 | OUTFALL  | 0.00          | 0.01          | -0.99       | 0 00:04                |
| Out5 | OUTFALL  | 0.00          | 0.01          | -0.99       | 0 00:05                |
| Out6 | OUTFALL  | 0.00          | 0.01          | -0.99       | 0 00:05                |

\*\*\*\*\*

Node Inflow Summary

\*\*\*\*\*

| Node | Type     | Maximum Lateral Inflow | Maximum Total Inflow | Maximum Time of Occurrence | Lateral Inflow Volume | Total Inflow Volume |
|------|----------|------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------|
|      |          | LPS                    | LPS                  | days hr:min                | 10^6 ltr              | 10^6 ltr            |
| J1   | JUNCTION | 3.00                   | 3.00                 | 0 00:06                    | 0.002                 | 0.002               |
| J3   | JUNCTION | 1.20                   | 7.76                 | 0 00:03                    | 0.001                 | 0.003               |
| J4   | JUNCTION | 1.20                   | 7.37                 | 0 00:04                    | 0.001                 | 0.003               |
| J6   | JUNCTION | 1.80                   | 6.08                 | 0 00:05                    | 0.001                 | 0.003               |



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

|      |          |      |      |   |       |       |       |
|------|----------|------|------|---|-------|-------|-------|
| J8   | JUNCTION | 3.00 | 3.00 | 0 | 00:06 | 0.002 | 0.002 |
| J9   | JUNCTION | 3.00 | 3.00 | 0 | 00:06 | 0.002 | 0.002 |
| J10  | JUNCTION | 1.80 | 2.24 | 0 | 00:03 | 0.001 | 0.001 |
| J11  | JUNCTION | 1.80 | 2.30 | 0 | 00:03 | 0.001 | 0.001 |
| Out4 | OUTFALL  | 0.00 | 6.58 | 0 | 00:04 | 0.000 | 0.003 |
| Out5 | OUTFALL  | 0.00 | 6.29 | 0 | 00:05 | 0.000 | 0.003 |
| Out6 | OUTFALL  | 0.00 | 4.96 | 0 | 00:05 | 0.000 | 0.003 |

\*\*\*\*\*

Node Surcharge Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were surcharged.

\*\*\*\*\*

Node Flooding Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were flooded.

\*\*\*\*\*

Outfall Loading Summary

\*\*\*\*\*

| Outfall Node | Flow Freq. Pcnt. | Avg. Flow LPS | Max. Flow LPS | Total Volume 10^6 ltr |
|--------------|------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| Out4         | 8.24             | 2.49          | 6.58          | 0.003                 |
| Out5         | 9.26             | 2.22          | 6.29          | 0.003                 |
| Out6         | 9.28             | 1.78          | 4.96          | 0.003                 |
| System       | 8.92             | 6.49          | 17.60         | 0.009                 |

\*\*\*\*\*

Link Flow Summary

\*\*\*\*\*

| Link | Type    | Maximum  Flow  LPS | Time of Max Occurrence days hr:min | Maximum  Veloc  m/sec | Max/ Full Flow | Max/ Full Depth |
|------|---------|--------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| C1   | CHANNEL | 4.61               | 0 00:03                            | 1.51                  | 0.75           | 0.43            |
| C3   | CHANNEL | 0.47               | 0 00:03                            | 0.13                  | 0.08           | 0.69            |
| C4   | CHANNEL | 4.21               | 0 00:04                            | 1.42                  | 0.68           | 0.42            |
| C5   | CHANNEL | 0.52               | 0 00:03                            | 0.13                  | 0.08           | 0.69            |
| C7   | CHANNEL | 4.28               | 0 00:05                            | 1.48                  | 0.69           | 0.41            |
| C12  | CHANNEL | 2.03               | 0 00:04                            | 0.75                  | 0.33           | 0.39            |
| C13  | CHANNEL | 2.02               | 0 00:04                            | 0.75                  | 0.33           | 0.39            |
| C15  | CONDUIT | 6.58               | 0 00:04                            | 2.09                  | 0.05           | 0.16            |
| C16  | CONDUIT | 6.29               | 0 00:05                            | 2.04                  | 0.05           | 0.16            |



**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA**

C17 CONDUIT 4.96 0 00:05 1.86 0.04 0.14

\*\*\*\*\*  
Flow Classification Summary  
\*\*\*\*\*

| Conduit | Adjusted<br>/Actual<br>Length | --- Fraction of Time in Flow Class ---- |             |            |             |            |              |      |      | Avg.<br>Froude<br>Number | Avg.<br>Flow<br>Change |
|---------|-------------------------------|---|-------------|------------|-------------|------------|--------------|------|------|--------------------------|------------------------|
|         |                               | Up<br>Dry                               | Down<br>Dry | Sub<br>Dry | Sup<br>Crit | Up<br>Crit | Down<br>Crit | Crit | Crit |                          |                        |
| C1      | 1.00                          | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.92        | 0.07       | 0.00         | 0.00 | 0.26 | 0.0057                   |                        |
| C3      | 1.00                          | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.05 | 0.0000                   |                        |
| C4      | 1.00                          | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.92        | 0.08       | 0.00         | 0.00 | 0.31 | 0.0063                   |                        |
| C5      | 1.00                          | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.05 | 0.0000                   |                        |
| C7      | 1.00                          | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.92        | 0.08       | 0.00         | 0.00 | 0.32 | 0.0064                   |                        |
| C12     | 1.00                          | 0.00                                    | 0.61        | 0.00       | 0.33        | 0.05       | 0.00         | 0.00 | 0.08 | 0.0000                   |                        |
| C13     | 1.00                          | 0.00                                    | 0.51        | 0.00       | 0.44        | 0.05       | 0.00         | 0.00 | 0.08 | 0.0000                   |                        |
| C15     | 1.00                          | 0.62                                    | 0.00        | 0.00       | 0.12        | 0.26       | 0.00         | 0.00 | 0.97 | 0.0000                   |                        |
| C16     | 1.00                          | 0.51                                    | 0.00        | 0.00       | 0.14        | 0.35       | 0.00         | 0.00 | 1.24 | 0.0000                   |                        |
| C17     | 1.00                          | 0.51                                    | 0.00        | 0.00       | 0.13        | 0.36       | 0.00         | 0.00 | 1.24 | 0.0000                   |                        |

\*\*\*\*\*  
Conduit Surcharge Summary  
\*\*\*\*\*

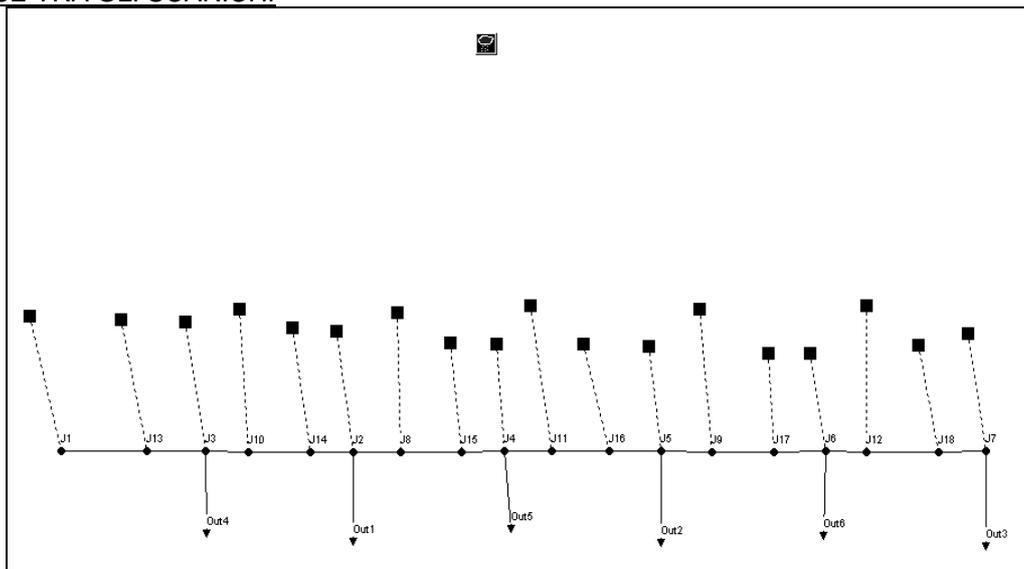
No conduits were surcharged.

Analysis begun on: Sat Apr 14 16:23:15 2012

Analysis ended on: Sat Apr 14 16:23:15 2012

**ALLEGATO 2: RISULTATI ANALISI IDRAULICA DEGLI SCARICHI E DEI SISTEMI DI RACCOLTA SUI VIADOTTI E PONTI**

INTERASSE TRA GLI SCARICHI



EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.022)

\*\*\*\*\*  
 NOTE: The summary statistics displayed in this report are based on results found at every computational time step, not just on results from each reporting time step.  
 \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*  
 Analysis Options  
 \*\*\*\*\*  
 Flow Units ..... LPS  
 Process Models:  
 Rainfall/Runoff ..... YES  
 Snowmelt ..... NO  
 Groundwater ..... NO  
 Flow Routing ..... YES  
 Ponding Allowed ..... YES  
 Water Quality ..... NO  
 Infiltration Method ..... CURVE\_NUMBER  
 Flow Routing Method ..... DYNWAVE  
 Starting Date ..... FEB-14-2012 00:00:00  
 Ending Date ..... FEB-14-2012 05:00:00  
 Antecedent Dry Days ..... 0.0  
 Report Time Step ..... 00:00:30  
 Wet Time Step ..... 00:00:05  
 Dry Time Step ..... 00:00:30



Routing Time Step ..... 1.00 sec

| *****                      | Volume    | Depth  |
|----------------------------|-----------|--------|
| Runoff Quantity Continuity | hectare-m | mm     |
| *****                      | -----     | -----  |
| Total Precipitation .....  | 0.001     | 27.000 |
| Evaporation Loss .....     | 0.000     | 0.000  |
| Infiltration Loss .....    | 0.000     | 0.000  |
| Surface Runoff .....       | 0.001     | 26.052 |
| Final Surface Storage .... | 0.000     | 0.953  |
| Continuity Error (%) ..... | 0.000     |        |

| *****                      | Volume    | Volume   |
|----------------------------|-----------|----------|
| Flow Routing Continuity    | hectare-m | 10^6 ltr |
| *****                      | -----     | -----    |
| Dry Weather Inflow .....   | 0.000     | 0.000    |
| Wet Weather Inflow .....   | 0.001     | 0.009    |
| Groundwater Inflow .....   | 0.000     | 0.000    |
| RDII Inflow .....          | 0.000     | 0.000    |
| External Inflow .....      | 0.000     | 0.000    |
| External Outflow .....     | 0.001     | 0.009    |
| Internal Outflow .....     | 0.000     | 0.000    |
| Storage Losses .....       | 0.000     | 0.000    |
| Initial Stored Volume .... | 0.000     | 0.000    |
| Final Stored Volume .....  | 0.000     | 0.000    |
| Continuity Error (%) ..... | 0.000     |          |

\*\*\*\*\*  
Time-Step Critical Elements  
\*\*\*\*\*

Link C15 (2.69%)

\*\*\*\*\*  
Highest Flow Instability Indexes  
\*\*\*\*\*

All links are stable.

\*\*\*\*\*  
Routing Time Step Summary  
\*\*\*\*\*

Minimum Time Step : 0.50 sec  
Average Time Step : 0.99 sec  
Maximum Time Step : 1.00 sec  
Percent in Steady State : 0.00  
Average Iterations per Step : 2.00

\*\*\*\*\*  
Subcatchment Runoff Summary  
\*\*\*\*\*



| Subcatchment | Total Precip | Total Runon | Total Evap | Total Infil | Total Runoff | Total Runoff | Peak Runoff | Runoff Coeff |
|--------------|--------------|-------------|------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
|              | mm           | mm          | mm         | mm          | mm           | mm           | 10^6 ltr    | LPS          |
| S1           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 0.60        | 0.965        |
| S2           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 0.60        | 0.965        |
| S3           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 0.60        | 0.965        |
| S4           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 0.60        | 0.965        |
| S5           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 0.60        | 0.965        |
| S6           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 0.60        | 0.965        |
| S7           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 1.50        | 0.965        |
| S8           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 0.90        | 0.965        |
| S9           | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 1.50        | 0.965        |
| S10          | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 0.90        | 0.965        |
| S11          | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 1.50        | 0.965        |
| S12          | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 0.90        | 0.965        |
| S13          | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 1.50        | 0.965        |
| S14          | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 0.90        | 0.965        |
| S15          | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 1.50        | 0.965        |
| S16          | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 0.90        | 0.965        |
| S17          | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 1.50        | 0.965        |
| S18          | 27.00        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 26.05        | 0.00         | 0.90        | 0.965        |

\*\*\*\*\*

Node Depth Summary

\*\*\*\*\*

| Node | Average Depth | Maximum Depth | Maximum HGL | Time of Max Occurrence |
|------|---------------|---------------|-------------|------------------------|
|      | Type          | Meters        | Meters      | Meters days hr:min     |
| J1   | JUNCTION      | 0.00          | 0.06        | 0.11 0 00:06           |
| J2   | JUNCTION      | 0.00          | 0.02        | 0.06 0 00:05           |
| J3   | JUNCTION      | 0.00          | 0.02        | 0.07 0 00:04           |
| J4   | JUNCTION      | 0.00          | 0.02        | 0.05 0 00:05           |
| J5   | JUNCTION      | 0.00          | 0.02        | 0.04 0 00:05           |
| J6   | JUNCTION      | 0.00          | 0.02        | 0.03 0 00:05           |
| J7   | JUNCTION      | 0.00          | 0.01        | 0.01 0 00:05           |
| J8   | JUNCTION      | 0.00          | 0.04        | 0.08 0 00:05           |
| J9   | JUNCTION      | 0.00          | 0.04        | 0.06 0 00:05           |
| J10  | JUNCTION      | 0.00          | 0.04        | 0.09 0 00:06           |
| J11  | JUNCTION      | 0.00          | 0.04        | 0.07 0 00:05           |
| J12  | JUNCTION      | 0.00          | 0.04        | 0.05 0 00:05           |
| J13  | JUNCTION      | 0.00          | 0.06        | 0.11 0 00:06           |
| J14  | JUNCTION      | 0.00          | 0.04        | 0.09 0 00:04           |
| J15  | JUNCTION      | 0.00          | 0.04        | 0.08 0 00:04           |
| J16  | JUNCTION      | 0.00          | 0.04        | 0.07 0 00:04           |
| J17  | JUNCTION      | 0.00          | 0.04        | 0.06 0 00:04           |
| J18  | JUNCTION      | 0.00          | 0.04        | 0.05 0 00:05           |



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

|      |         |      |      |       |   |       |
|------|---------|------|------|-------|---|-------|
| Out1 | OUTFALL | 0.00 | 0.02 | -0.98 | 0 | 00:05 |
| Out2 | OUTFALL | 0.00 | 0.02 | -0.98 | 0 | 00:05 |
| Out3 | OUTFALL | 0.00 | 0.01 | -0.99 | 0 | 00:05 |
| Out4 | OUTFALL | 0.00 | 0.02 | -0.98 | 0 | 00:04 |
| Out5 | OUTFALL | 0.00 | 0.02 | -0.98 | 0 | 00:05 |
| Out6 | OUTFALL | 0.00 | 0.02 | -0.98 | 0 | 00:05 |

\*\*\*\*\*

Node Inflow Summary

\*\*\*\*\*

| Node | Type     | Maximum            |                  | Time of Max Occurrence | Lateral Inflow Volume | Total Inflow Volume |
|------|----------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
|      |          | Lateral Inflow LPS | Total Inflow LPS |                        |                       |                     |
| J1   | JUNCTION | 0.60               | 0.83             | 0 00:02                | 0.000                 | 0.000               |
| J2   | JUNCTION | 0.90               | 3.01             | 0 00:06                | 0.000                 | 0.002               |
| J3   | JUNCTION | 0.90               | 3.55             | 0 00:04                | 0.000                 | 0.002               |
| J4   | JUNCTION | 0.90               | 3.00             | 0 00:05                | 0.000                 | 0.002               |
| J5   | JUNCTION | 0.90               | 3.00             | 0 00:05                | 0.000                 | 0.002               |
| J6   | JUNCTION | 0.90               | 2.99             | 0 00:05                | 0.000                 | 0.002               |
| J7   | JUNCTION | 0.90               | 2.29             | 0 00:05                | 0.000                 | 0.001               |
| J8   | JUNCTION | 0.60               | 0.86             | 0 00:02                | 0.000                 | 0.000               |
| J9   | JUNCTION | 0.60               | 0.86             | 0 00:02                | 0.000                 | 0.000               |
| J10  | JUNCTION | 0.60               | 0.86             | 0 00:02                | 0.000                 | 0.000               |
| J11  | JUNCTION | 0.60               | 0.86             | 0 00:02                | 0.000                 | 0.000               |
| J12  | JUNCTION | 0.60               | 0.86             | 0 00:02                | 0.000                 | 0.000               |
| J13  | JUNCTION | 1.50               | 2.06             | 0 00:04                | 0.001                 | 0.001               |
| J14  | JUNCTION | 1.50               | 1.50             | 0 00:06                | 0.001                 | 0.001               |
| J15  | JUNCTION | 1.50               | 1.50             | 0 00:06                | 0.001                 | 0.001               |
| J16  | JUNCTION | 1.50               | 1.50             | 0 00:06                | 0.001                 | 0.001               |
| J17  | JUNCTION | 1.50               | 1.50             | 0 00:06                | 0.001                 | 0.001               |
| J18  | JUNCTION | 1.50               | 1.50             | 0 00:06                | 0.001                 | 0.001               |
| Out1 | OUTFALL  | 0.00               | 3.01             | 0 00:05                | 0.000                 | 0.002               |
| Out2 | OUTFALL  | 0.00               | 3.00             | 0 00:05                | 0.000                 | 0.002               |
| Out3 | OUTFALL  | 0.00               | 2.29             | 0 00:05                | 0.000                 | 0.001               |
| Out4 | OUTFALL  | 0.00               | 3.54             | 0 00:04                | 0.000                 | 0.002               |
| Out5 | OUTFALL  | 0.00               | 3.00             | 0 00:05                | 0.000                 | 0.002               |
| Out6 | OUTFALL  | 0.00               | 2.99             | 0 00:05                | 0.000                 | 0.002               |

\*\*\*\*\*

Node Surcharge Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were surcharged.

\*\*\*\*\*

Node Flooding Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were flooded.



**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA**

\*\*\*\*\*

Outfall Loading Summary

\*\*\*\*\*

| Outfall Node | Flow Freq. Pcnt. | Avg. Flow LPS | Max. Flow LPS | Total Volume 10^6 ltr |
|--------------|------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| Out1         | 9.05             | 1.34          | 3.01          | 0.002                 |
| Out2         | 9.03             | 1.34          | 3.00          | 0.002                 |
| Out3         | 9.13             | 1.04          | 2.29          | 0.001                 |
| Out4         | 9.45             | 1.54          | 3.54          | 0.002                 |
| Out5         | 9.03             | 1.34          | 3.00          | 0.002                 |
| Out6         | 9.02             | 1.34          | 2.99          | 0.002                 |
| System       | 9.12             | 7.94          | 17.83         | 0.009                 |

\*\*\*\*\*

Link Flow Summary

\*\*\*\*\*

| Link | Type    | Maximum  Flow  LPS | Time of Occurrence days hr:min | Max  Veloc  m/sec | Maximum Full Flow | Max/ Full Depth |
|------|---------|--------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| C1   | CHANNEL | 0.69               | 0 00:07                        | 0.20              | 0.05              | 0.57            |
| C2   | CONDUIT | 3.01               | 0 00:05                        | 3.42              | 0.06              | 0.17            |
| C3   | CHANNEL | 0.28               | 0 00:02                        | 0.15              | 0.02              | 0.40            |
| C4   | CHANNEL | 0.28               | 0 00:02                        | 0.15              | 0.02              | 0.40            |
| C5   | CHANNEL | 0.28               | 0 00:02                        | 0.15              | 0.02              | 0.40            |
| C6   | CONDUIT | 3.00               | 0 00:05                        | 3.39              | 0.06              | 0.17            |
| C7   | CHANNEL | 0.28               | 0 00:02                        | 0.15              | 0.02              | 0.40            |
| C8   | CHANNEL | 0.28               | 0 00:02                        | 0.15              | 0.02              | 0.40            |
| C9   | CONDUIT | 2.29               | 0 00:05                        | 3.12              | 0.05              | 0.15            |
| C10  | CHANNEL | 0.72               | 0 00:05                        | 0.42              | 0.05              | 0.27            |
| C11  | CHANNEL | 0.72               | 0 00:05                        | 0.42              | 0.05              | 0.27            |
| C12  | CHANNEL | 0.70               | 0 00:04                        | 0.40              | 0.05              | 0.28            |
| C13  | CHANNEL | 0.72               | 0 00:05                        | 0.42              | 0.05              | 0.27            |
| C14  | CHANNEL | 0.71               | 0 00:05                        | 0.42              | 0.05              | 0.27            |
| C15  | CONDUIT | 3.54               | 0 00:04                        | 3.61              | 0.07              | 0.18            |
| C16  | CONDUIT | 3.00               | 0 00:05                        | 3.40              | 0.06              | 0.17            |
| C17  | CONDUIT | 2.99               | 0 00:05                        | 3.37              | 0.06              | 0.17            |
| C18  | CHANNEL | 1.97               | 0 00:04                        | 0.90              | 0.15              | 0.38            |
| C19  | CHANNEL | 1.40               | 0 00:04                        | 0.72              | 0.11              | 0.30            |
| C20  | CHANNEL | 1.39               | 0 00:05                        | 0.72              | 0.11              | 0.30            |
| C21  | CHANNEL | 1.39               | 0 00:05                        | 0.72              | 0.11              | 0.30            |
| C22  | CHANNEL | 1.39               | 0 00:05                        | 0.72              | 0.11              | 0.30            |
| C23  | CHANNEL | 1.39               | 0 00:05                        | 0.76              | 0.11              | 0.29            |



**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA**

\*\*\*\*\*

Flow Classification Summary

\*\*\*\*\*

| Conduit | Adjusted<br>/Actual | --- Fraction of Time in Flow Class ---- |             |            |             |            |              |      |      | Avg.<br>Froude | Avg.<br>Flow<br>Change |
|---------|---------------------|---|-------------|------------|-------------|------------|--------------|------|------|----------------|------------------------|
|         |                     | Up<br>Dry                               | Down<br>Dry | Sub<br>Dry | Sup<br>Crit | Up<br>Crit | Down<br>Crit | Crit | Crit |                |                        |
| C1      | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.05 | 0.0000         |                        |
| C2      | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.82        | 0.18       | 0.00         | 0.00 | 1.35 | 0.0000         |                        |
| C3      | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.12 | 0.0000         |                        |
| C4      | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.18 | 0.0000         |                        |
| C5      | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.20 | 0.0000         |                        |
| C6      | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.82        | 0.18       | 0.00         | 0.00 | 1.32 | 0.0000         |                        |
| C7      | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.20 | 0.0000         |                        |
| C8      | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.20 | 0.0000         |                        |
| C9      | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.69        | 0.31       | 0.00         | 0.00 | 2.06 | 0.0000         |                        |
| C10     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.21 | 0.0000         |                        |
| C11     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.25 | 0.0000         |                        |
| C12     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.15 | 0.0000         |                        |
| C13     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.24 | 0.0000         |                        |
| C14     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 1.00        | 0.00       | 0.00         | 0.00 | 0.26 | 0.0000         |                        |
| C15     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.83        | 0.16       | 0.00         | 0.00 | 1.31 | 0.0000         |                        |
| C16     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.82        | 0.18       | 0.00         | 0.00 | 1.33 | 0.0000         |                        |
| C17     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.82        | 0.18       | 0.00         | 0.00 | 1.32 | 0.0000         |                        |
| C18     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.93        | 0.07       | 0.00         | 0.00 | 0.21 | 0.0000         |                        |
| C19     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.93        | 0.07       | 0.00         | 0.00 | 0.27 | 0.0000         |                        |
| C20     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.93        | 0.07       | 0.00         | 0.00 | 0.32 | 0.0000         |                        |
| C21     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.93        | 0.07       | 0.00         | 0.00 | 0.33 | 0.0000         |                        |
| C22     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.93        | 0.07       | 0.00         | 0.00 | 0.34 | 0.0000         |                        |
| C23     | 1.00                | 0.00                                    | 0.00        | 0.00       | 0.93        | 0.07       | 0.00         | 0.00 | 0.34 | 0.0000         |                        |

\*\*\*\*\*

Conduit Surge Summary

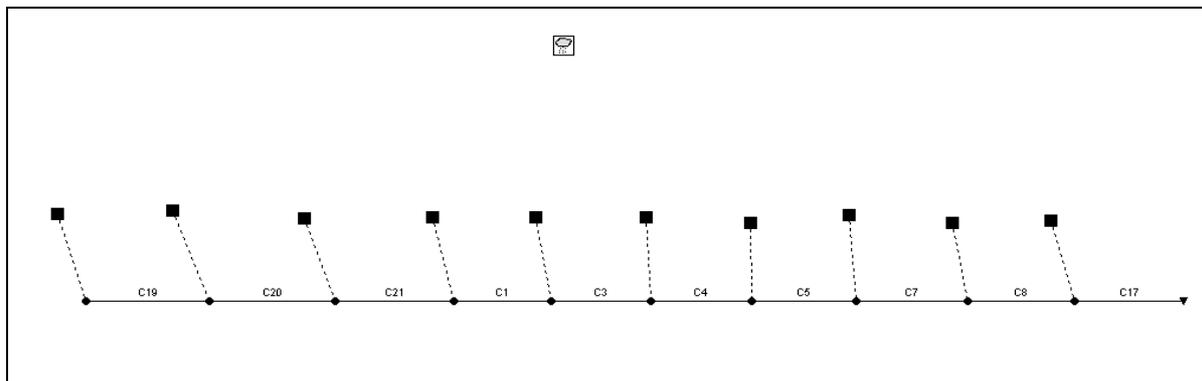
\*\*\*\*\*

No conduits were surcharged.

Analysis begun on: Sat Apr 14 16:28:16 2012

Analysis ended on: Sat Apr 14 16:28:17 2012

## CAPACITA' DELLA TUBAZIONE DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE SULL'ENZA



EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.022)

-----

\*\*\*\*\*

NOTE: The summary statistics displayed in this report are based on results found at every computational time step, not just on results from each reporting time step.

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

Analysis Options

\*\*\*\*\*

Flow Units ..... LPS

Process Models:

Rainfall/Runoff ..... YES

Snowmelt ..... NO

Groundwater ..... NO

Flow Routing ..... YES

Ponding Allowed ..... YES

Water Quality ..... NO

Infiltration Method ..... CURVE\_NUMBER

Flow Routing Method ..... DYNWAVE

Starting Date ..... FEB-14-2012 00:00:00

Ending Date ..... FEB-14-2012 05:00:00

Antecedent Dry Days ..... 0.0

Report Time Step ..... 00:00:30

Wet Time Step ..... 00:00:05

Dry Time Step ..... 00:00:30

Routing Time Step ..... 1.00 sec

| *****                      | Volume    | Depth  |
|----------------------------|-----------|--------|
| Runoff Quantity Continuity | hectare-m | mm     |
| *****                      | -----     | -----  |
| Total Precipitation .....  | 0.004     | 72.050 |
| Evaporation Loss .....     | 0.000     | 0.000  |



Infiltration Loss ..... 0.000 0.000  
 Surface Runoff ..... 0.004 71.098  
 Final Surface Storage .... 0.000 0.953  
 Continuity Error (%) ..... 0.000

\*\*\*\*\*  
 Flow Routing Continuity      Volume      Volume  
    hectare-m      10^6 ltr  
 \*\*\*\*\*  
 Dry Weather Inflow ..... 0.000 0.000  
 Wet Weather Inflow ..... 0.004 0.043  
 Groundwater Inflow ..... 0.000 0.000  
 RDII Inflow ..... 0.000 0.000  
 External Inflow ..... 0.000 0.000  
 External Outflow ..... 0.004 0.043  
 Internal Outflow ..... 0.000 0.000  
 Storage Losses ..... 0.000 0.000  
 Initial Stored Volume .... 0.000 0.000  
 Final Stored Volume ..... 0.000 0.000  
 Continuity Error (%) ..... 0.000

\*\*\*\*\*  
 Time-Step Critical Elements  
 \*\*\*\*\*

None

\*\*\*\*\*  
 Highest Flow Instability Indexes  
 \*\*\*\*\*

All links are stable.

\*\*\*\*\*  
 Routing Time Step Summary  
 \*\*\*\*\*

Minimum Time Step : 1.00 sec  
 Average Time Step : 1.00 sec  
 Maximum Time Step : 1.00 sec  
 Percent in Steady State : 0.00  
 Average Iterations per Step : 2.00

\*\*\*\*\*  
 Subcatchment Runoff Summary  
 \*\*\*\*\*

| Subcatchment | Total Precip | Total Runon | Total Evap | Total Infil | Total Runoff | Total Runoff | Peak Runoff | Runoff Coeff |
|--------------|--------------|-------------|------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
|              | mm           | mm          | mm         | mm          | mm           | mm           | 10^6 ltr    | LPS          |
| S1           | 72.05        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 71.10        | 0.00         | 3.10        | 0.987        |
| S2           | 72.05        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 71.10        | 0.00         | 3.10        | 0.987        |
| S3           | 72.05        | 0.00        | 0.00       | 0.00        | 71.10        | 0.00         | 3.10        | 0.987        |



**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA**

|     |       |      |      |      |       |      |      |       |
|-----|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|
| S4  | 72.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 71.10 | 0.00 | 3.10 | 0.987 |
| S5  | 72.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 71.10 | 0.00 | 3.10 | 0.987 |
| S6  | 72.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 71.10 | 0.00 | 3.10 | 0.987 |
| S7  | 72.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 71.10 | 0.00 | 3.10 | 0.987 |
| S9  | 72.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 71.10 | 0.00 | 3.10 | 0.987 |
| S10 | 72.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 71.10 | 0.00 | 3.10 | 0.987 |
| S11 | 72.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 71.10 | 0.00 | 3.10 | 0.987 |

\*\*\*\*\*

Node Depth Summary

\*\*\*\*\*

| Node | Type     | Average Depth<br>Meters | Maximum Depth<br>Meters | Maximum HGL<br>Meters | Time of Max Occurrence<br>days hr:min |
|------|----------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| J1   | JUNCTION | 0.01                    | 0.10                    | 0.45                  | 0 00:25                               |
| J2   | JUNCTION | 0.01                    | 0.13                    | 0.38                  | 0 00:25                               |
| J3   | JUNCTION | 0.01                    | 0.11                    | 0.41                  | 0 00:25                               |
| J4   | JUNCTION | 0.01                    | 0.14                    | 0.34                  | 0 00:25                               |
| J5   | JUNCTION | 0.02                    | 0.15                    | 0.30                  | 0 00:25                               |
| J6   | JUNCTION | 0.02                    | 0.16                    | 0.26                  | 0 00:25                               |
| J7   | JUNCTION | 0.02                    | 0.16                    | 0.21                  | 0 00:25                               |
| J12  | JUNCTION | 0.01                    | 0.08                    | 0.48                  | 0 00:25                               |
| J13  | JUNCTION | 0.01                    | 0.07                    | 0.52                  | 0 00:25                               |
| J14  | JUNCTION | 0.01                    | 0.05                    | 0.55                  | 0 00:25                               |
| Out6 | OUTFALL  | 0.02                    | 0.14                    | 0.14                  | 0 00:25                               |

\*\*\*\*\*

Node Inflow Summary

\*\*\*\*\*

| Node | Type     | Maximum Lateral Inflow<br>LPS | Maximum Total Inflow<br>LPS | Maximum Time of Max Occurrence<br>days hr:min | Lateral Inflow Volume<br>10^6 ltr | Total Inflow Volume<br>10^6 ltr |
|------|----------|-------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| J1   | JUNCTION | 3.10                          | 12.38                       | 0 00:25                                       | 0.004                             | 0.017                           |
| J2   | JUNCTION | 3.10                          | 18.56                       | 0 00:25                                       | 0.004                             | 0.026                           |
| J3   | JUNCTION | 3.10                          | 15.47                       | 0 00:25                                       | 0.004                             | 0.021                           |
| J4   | JUNCTION | 3.10                          | 21.64                       | 0 00:25                                       | 0.004                             | 0.030                           |
| J5   | JUNCTION | 3.10                          | 24.71                       | 0 00:25                                       | 0.004                             | 0.034                           |
| J6   | JUNCTION | 3.10                          | 27.77                       | 0 00:25                                       | 0.004                             | 0.038                           |
| J7   | JUNCTION | 3.10                          | 30.81                       | 0 00:25                                       | 0.004                             | 0.043                           |
| J12  | JUNCTION | 3.10                          | 9.29                        | 0 00:25                                       | 0.004                             | 0.013                           |
| J13  | JUNCTION | 3.10                          | 6.19                        | 0 00:25                                       | 0.004                             | 0.009                           |
| J14  | JUNCTION | 3.10                          | 3.10                        | 0 00:25                                       | 0.004                             | 0.004                           |
| Out6 | OUTFALL  | 0.00                          | 30.79                       | 0 00:25                                       | 0.000                             | 0.043                           |



**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA**

\*\*\*\*\*

Node Surcharge Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were surcharged.

\*\*\*\*\*

Node Flooding Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were flooded.

\*\*\*\*\*

Outfall Loading Summary

\*\*\*\*\*

| Outfall Node | Flow Freq. Pcnt. | Avg. Flow LPS | Max. Flow LPS | Total Volume 10^6 ltr |
|--------------|------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| Out6         | 25.00            | 9.47          | 30.79         | 0.043                 |
| System       | 25.00            | 9.47          | 30.79         | 0.043                 |

Link Flow Summary

\*\*\*\*\*

| Link | Type    | Maximum  Flow  LPS | Time of Occurrence days hr:min | Max  Veloc  m/sec | Maximum Full Flow | Max/ Full Depth |
|------|---------|--------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| C1   | CONDUIT | 12.38              | 0 00:25                        | 0.66              | 0.36              | 0.45            |
| C3   | CONDUIT | 15.47              | 0 00:25                        | 0.71              | 0.44              | 0.50            |
| C4   | CONDUIT | 18.55              | 0 00:25                        | 0.74              | 0.53              | 0.56            |
| C5   | CONDUIT | 21.62              | 0 00:25                        | 0.78              | 0.62              | 0.61            |
| C7   | CONDUIT | 24.68              | 0 00:25                        | 0.82              | 0.71              | 0.66            |
| C8   | CONDUIT | 27.73              | 0 00:25                        | 0.88              | 0.80              | 0.68            |
| C17  | CONDUIT | 30.79              | 0 00:25                        | 1.03              | 0.89              | 0.65            |
| C19  | CONDUIT | 3.10               | 0 00:25                        | 0.38              | 0.09              | 0.24            |
| C20  | CONDUIT | 6.19               | 0 00:25                        | 0.52              | 0.18              | 0.32            |
| C21  | CONDUIT | 9.28               | 0 00:25                        | 0.60              | 0.27              | 0.39            |

\*\*\*\*\*

Flow Classification Summary

\*\*\*\*\*

| Conduit | Adjusted /Actual Length | --- Fraction of Time in Flow Class --- |          |         |          | Avg. Froude | Avg. Flow Change |
|---------|-------------------------|--|----------|---------|----------|-------------|------------------|
|         |                         | Up Dry                                 | Down Dry | Sub Dry | Sup Crit | Up Crit     | Down Crit        |
| C1      | 1.00                    | 0.01                                   | 0.00     | 0.00    | 0.99     | 0.00        | 0.00             |



|     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| C3  | 1.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.28 | 0.0000 |
| C4  | 1.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.0001 |
| C5  | 1.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.33 | 0.0001 |
| C7  | 1.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.35 | 0.0001 |
| C8  | 1.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.32 | 0.0001 |
| C17 | 1.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.87 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.54 | 0.0001 |
| C19 | 1.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 0.0000 |
| C20 | 1.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.19 | 0.0000 |
| C21 | 1.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.22 | 0.0000 |

\*\*\*\*\*

Conduit Surcharge Summary

\*\*\*\*\*

No conduits were surcharged.

Analysis begun on: Sat Apr 14 16:32:16 2012

Analysis ended on: Sat Apr 14 16:32:16 2012



### ALLEGATO 3: RISULTATI DIMENSIONAMENTO DEI FOSSI DI LAMINAZIONE

#### FOSSO IN RETTILINEO

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.022)

-----

\*\*\*\*\*

NOTE: The summary statistics displayed in this report are based on results found at every computational time step, not just on results from each reporting time step.

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

#### Analysis Options

\*\*\*\*\*

Flow Units ..... LPS

Process Models:

Rainfall/Runoff ..... YES

Snowmelt ..... NO

Groundwater ..... NO

Flow Routing ..... YES

Ponding Allowed ..... YES

Water Quality ..... NO

Infiltration Method ..... CURVE\_NUMBER

Flow Routing Method ..... DYNWAVE

Starting Date ..... FEB-02-2012 00:00:00

Ending Date ..... FEB-04-2012 23:00:00

Antecedent Dry Days ..... 0.0

Report Time Step ..... 00:00:30

Wet Time Step ..... 00:00:10

Dry Time Step ..... 00:00:30

Routing Time Step ..... 5.00 sec

| *****                      | Volume    | Depth  |
|----------------------------|-----------|--------|
| Runoff Quantity Continuity | hectare-m | mm     |
| *****                      | -----     | -----  |
| Total Precipitation .....  | 0.131     | 82.680 |
| Evaporation Loss .....     | 0.000     | 0.000  |
| Infiltration Loss .....    | 0.047     | 29.853 |
| Surface Runoff .....       | 0.082     | 51.557 |
| Final Surface Storage .... | 0.002     | 1.270  |
| Continuity Error (%) ..... | 0.000     |        |

| *****                    | Volume    | Volume   |
|--------------------------|-----------|----------|
| Flow Routing Continuity  | hectare-m | 10^6 ltr |
| *****                    | -----     | -----    |
| Dry Weather Inflow ..... | 0.000     | 0.000    |
| Wet Weather Inflow ..... | 0.082     | 0.820    |
| Groundwater Inflow ..... | 0.000     | 0.000    |
| RDII Inflow .....        | 0.000     | 0.000    |



**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA**

|                            |       |       |
|----------------------------|-------|-------|
| External Inflow .....      | 0.000 | 0.000 |
| External Outflow .....     | 0.080 | 0.800 |
| Internal Outflow .....     | 0.000 | 0.000 |
| Storage Losses .....       | 0.000 | 0.000 |
| Initial Stored Volume .... | 0.000 | 0.000 |
| Final Stored Volume .....  | 0.002 | 0.019 |
| Continuity Error (%) ..... | 0.039 |       |

\*\*\*\*\*  
Highest Continuity Errors  
\*\*\*\*\*

- Node J4 (1.61%)
- Node J21 (1.50%)
- Node J3 (1.12%)
- Node J15 (1.04%)

\*\*\*\*\*  
Time-Step Critical Elements  
\*\*\*\*\*

- Link C1 (91.24%)

\*\*\*\*\*  
Highest Flow Instability Indexes  
\*\*\*\*\*

All links are stable.

\*\*\*\*\*  
Routing Time Step Summary  
\*\*\*\*\*

|                             |   |          |
|-----------------------------|---|----------|
| Minimum Time Step           | : | 0.72 sec |
| Average Time Step           | : | 2.08 sec |
| Maximum Time Step           | : | 5.00 sec |
| Percent in Steady State     | : | 0.00     |
| Average Iterations per Step | : | 2.00     |

\*\*\*\*\*  
Subcatchment Runoff Summary  
\*\*\*\*\*

| Subcatchment | Total Precip | Total Runon | Total Evap | Total Infil | Total Runoff | Total Runoff | Peak Runoff | Runoff   | Peak Runoff | Runoff   | Coef |
|--------------|--------------|-------------|------------|-------------|--------------|--------------|-------------|----------|-------------|----------|------|
|              | mm           | mm          | mm         | mm          | mm           | mm           | 10^6 ltr    | 10^6 ltr | 10^6 ltr    | 10^6 ltr | LPS  |
| S23          | 82.68        | 0.00        | 0.00       | 7.18        | 74.23        | 0.05         | 2.35        | 0.898    |             |          |      |
| S28          | 82.68        | 0.00        | 0.00       | 37.22       | 44.19        | 0.09         | 4.92        | 0.534    |             |          |      |
| S31          | 82.68        | 0.00        | 0.00       | 7.18        | 74.23        | 0.05         | 2.35        | 0.898    |             |          |      |
| S33          | 82.68        | 0.00        | 0.00       | 7.18        | 74.23        | 0.05         | 2.35        | 0.898    |             |          |      |
| S38          | 82.68        | 0.00        | 0.00       | 37.22       | 44.19        | 0.09         | 4.92        | 0.534    |             |          |      |
| S40          | 82.68        | 0.00        | 0.00       | 37.22       | 44.19        | 0.09         | 4.92        | 0.534    |             |          |      |
| S1           | 82.68        | 0.00        | 0.00       | 7.18        | 74.23        | 0.05         | 2.35        | 0.898    |             |          |      |



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

|    |       |      |      |       |       |      |      |       |
|----|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|
| S2 | 82.68 | 0.00 | 0.00 | 37.22 | 44.19 | 0.09 | 4.92 | 0.534 |
| S3 | 82.68 | 0.00 | 0.00 | 7.18  | 74.23 | 0.05 | 2.35 | 0.898 |
| S4 | 82.68 | 0.00 | 0.00 | 37.22 | 44.19 | 0.09 | 4.92 | 0.534 |
| S6 | 82.68 | 0.00 | 0.00 | 7.18  | 74.23 | 0.05 | 2.35 | 0.898 |
| S7 | 82.68 | 0.00 | 0.00 | 37.22 | 44.19 | 0.09 | 4.92 | 0.534 |

\*\*\*\*\*

Node Depth Summary

\*\*\*\*\*

| Node | Type     | Average Depth Meters | Maximum Depth Meters | Maximum HGL Meters | Time of Max Occurrence days hr:min |
|------|----------|----------------------|----------------------|--------------------|------------------------------------|
| J5   | JUNCTION | 0.18                 | 0.44                 | 0.44               | 0 11:10                            |
| J15  | JUNCTION | 0.18                 | 0.44                 | 0.44               | 0 11:11                            |
| J20  | JUNCTION | 0.18                 | 0.44                 | 0.44               | 0 11:13                            |
| J21  | JUNCTION | 0.18                 | 0.44                 | 0.44               | 0 11:13                            |
| J2   | JUNCTION | 0.18                 | 0.44                 | 0.44               | 0 11:10                            |
| J3   | JUNCTION | 0.18                 | 0.44                 | 0.44               | 0 11:11                            |
| J4   | JUNCTION | 0.18                 | 0.44                 | 0.44               | 0 11:12                            |
| J6   | JUNCTION | 0.18                 | 0.44                 | 0.44               | 0 11:13                            |
| Out1 | OUTFALL  | 0.06                 | 0.10                 | 0.10               | 0 08:57                            |

\*\*\*\*\*

Node Inflow Summary

\*\*\*\*\*

| Node | Type     | Maximum Lateral Inflow LPS | Maximum Total Inflow LPS | Time of Max Occurrence days hr:min | Lateral Inflow Volume 10^6 ltr | Total Inflow Volume 10^6 ltr |
|------|----------|----------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| J5   | JUNCTION | 7.28                       | 12.64                    | 0 08:47                            | 0.137                          | 0.810                        |
| J15  | JUNCTION | 7.28                       | 7.28                     | 0 06:48                            | 0.137                          | 0.297                        |
| J20  | JUNCTION | 0.00                       | 2.93                     | 0 06:45                            | 0.000                          | 0.048                        |
| J21  | JUNCTION | 7.28                       | 8.73                     | 0 06:45                            | 0.137                          | 0.204                        |
| J2   | JUNCTION | 7.28                       | 7.50                     | 0 07:36                            | 0.137                          | 0.410                        |
| J3   | JUNCTION | 7.28                       | 7.28                     | 0 06:48                            | 0.137                          | 0.297                        |
| J4   | JUNCTION | 7.28                       | 8.70                     | 0 06:45                            | 0.137                          | 0.204                        |
| J6   | JUNCTION | 0.00                       | 2.92                     | 0 06:45                            | 0.000                          | 0.048                        |
| Out1 | OUTFALL  | 0.00                       | 11.30                    | 0 11:10                            | 0.000                          | 0.800                        |

\*\*\*\*\*

Node Surcharge Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were surcharged.

\*\*\*\*\*



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Node Flooding Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were flooded.

\*\*\*\*\*

Outfall Loading Summary

\*\*\*\*\*

| Outfall Node | Flow Freq. Pcnt. | Avg. Flow LPS | Max. Flow LPS | Total Volume 10^6 ltr |
|--------------|------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| Out1         | 98.33            | 5.22          | 11.30         | 0.800                 |
| System       | 98.33            | 5.22          | 11.30         | 0.800                 |

\*\*\*\*\*

Link Flow Summary

\*\*\*\*\*

| Link | Type    | Maximum  Flow  LPS | Time of Max Occurrence days hr:min | Maximum  Veloc  m/sec | Max/ Full Flow | Max/ Full Depth |
|------|---------|--------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| C15  | CONDUIT | 4.53               | 0 12:33                            | 0.01                  | 0.24           | 0.88            |
| C20  | CONDUIT | 2.93               | 0 06:45                            | 0.03                  | 0.15           | 0.88            |
| C21  | CONDUIT | 2.77               | 0 13:08                            | 0.02                  | 0.14           | 0.88            |
| C1   | CONDUIT | 11.30              | 0 11:10                            | 1.44                  | 33.40          | 1.00            |
| C2   | CONDUIT | 2.92               | 0 06:45                            | 0.03                  | 0.15           | 0.88            |
| C3   | CONDUIT | 2.76               | 0 12:38                            | 0.02                  | 0.14           | 0.88            |
| C4   | CONDUIT | 4.53               | 0 12:33                            | 0.01                  | 0.24           | 0.88            |
| C6   | CONDUIT | 5.65               | 0 11:11                            | 0.06                  | 0.93           | 0.88            |

\*\*\*\*\*

Flow Classification Summary

\*\*\*\*\*

| Conduit | Adjusted /Actual Length | --- Fraction of Time in Flow Class --- |          |         |          | Avg. Froude Number |           | Avg. Flow Change |        |
|---------|-------------------------|--|----------|---------|----------|--------------------|-----------|------------------|--------|
|         |                         | Up Dry                                 | Down Dry | Sub Dry | Sup Crit | Up Crit            | Down Crit |                  |        |
| C15     | 1.00                    | 0.01                                   | 0.00     | 0.00    | 0.99     | 0.00               | 0.00      | 0.00             | 0.0000 |
| C20     | 1.00                    | 0.01                                   | 0.00     | 0.00    | 0.99     | 0.00               | 0.00      | 0.00             | 0.0000 |
| C21     | 1.00                    | 0.01                                   | 0.00     | 0.00    | 0.99     | 0.00               | 0.00      | 0.00             | 0.0000 |
| C1      | 1.00                    | 0.01                                   | 0.00     | 0.00    | 0.99     | 0.00               | 0.00      | 0.63             | 0.0016 |
| C2      | 1.00                    | 0.01                                   | 0.00     | 0.00    | 0.99     | 0.00               | 0.00      | 0.00             | 0.0000 |
| C3      | 1.00                    | 0.01                                   | 0.00     | 0.00    | 0.99     | 0.00               | 0.00      | 0.00             | 0.0000 |
| C4      | 1.00                    | 0.01                                   | 0.00     | 0.00    | 0.99     | 0.00               | 0.00      | 0.00             | 0.0000 |
| C6      | 1.00                    | 0.01                                   | 0.00     | 0.00    | 0.99     | 0.00               | 0.00      | 0.04             | 0.0000 |



\*\*\*\*\*

Conduit Surcharge Summary

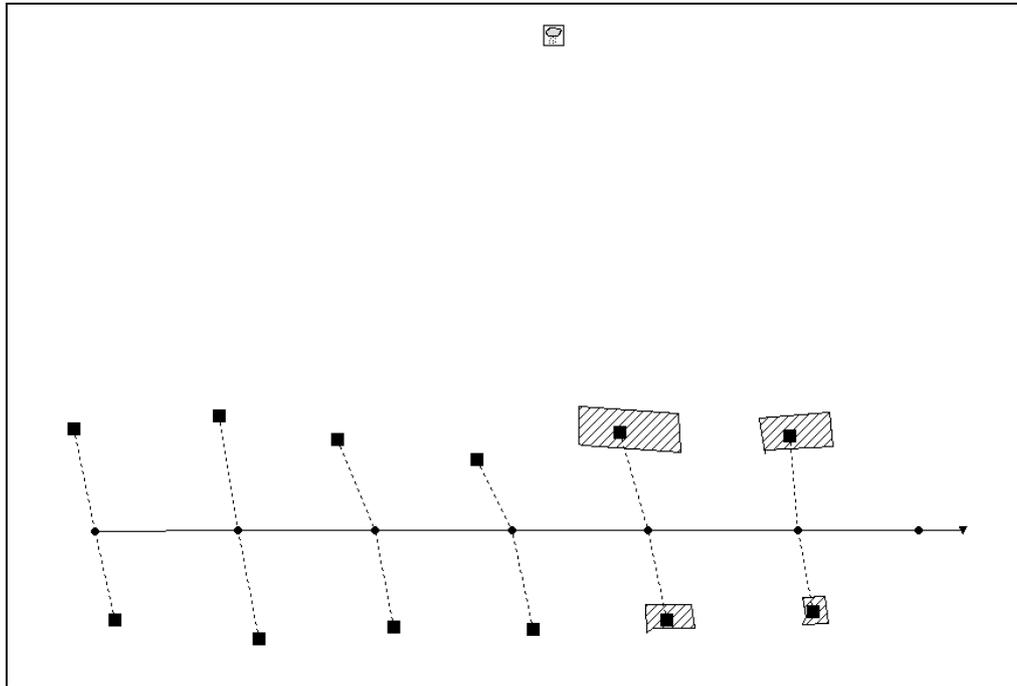
\*\*\*\*\*

| Conduit | Hours      |           | Hours      |          | Capacity Limited |
|---------|------------|-----------|------------|----------|------------------|
|         | Hours Full | Both Ends | Above Full | Dnstream |                  |
| C1      | 4.52       | 4.52      | 4.78       | 42.48    | 4.52             |

Analysis begun on: Sat Apr 14 16:37:27 2012

Analysis ended on: Sat Apr 14 16:37:29 2012

FOSSO IN CURVA



EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.022)

\*\*\*\*\*  
NOTE: The summary statistics displayed in this report are based on results found at every computational time step, not just on results from each reporting time step.  
\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*  
Analysis Options

\*\*\*\*\*  
Flow Units ..... LPS  
Process Models:  
Rainfall/Runoff ..... YES  
Snowmelt ..... NO  
Groundwater ..... NO  
Flow Routing ..... YES  
Ponding Allowed ..... YES  
Water Quality ..... NO  
Infiltration Method ..... CURVE\_NUMBER  
Flow Routing Method ..... DYNWAVE  
Starting Date ..... FEB-02-2012 00:00:00  
Ending Date ..... FEB-03-2012 23:00:00  
Antecedent Dry Days ..... 0.0  
Report Time Step ..... 00:00:30



Wet Time Step ..... 00:00:10  
 Dry Time Step ..... 00:00:30  
 Routing Time Step ..... 5.00 sec

| *****                      | Volume    | Depth  |
|----------------------------|-----------|--------|
| Runoff Quantity Continuity | hectare-m | mm     |
| *****                      | -----     | -----  |
| Total Precipitation .....  | 0.172     | 82.680 |
| Evaporation Loss .....     | 0.000     | 0.000  |
| Infiltration Loss .....    | 0.053     | 25.387 |
| Surface Runoff .....       | 0.116     | 56.023 |
| Final Surface Storage .... | 0.003     | 1.270  |
| Continuity Error (%) ..... | 0.000     |        |

| *****                      | Volume    | Volume   |
|----------------------------|-----------|----------|
| Flow Routing Continuity    | hectare-m | 10^6 ltr |
| *****                      | -----     | -----    |
| Dry Weather Inflow .....   | 0.000     | 0.000    |
| Wet Weather Inflow .....   | 0.116     | 1.165    |
| Groundwater Inflow .....   | 0.000     | 0.000    |
| RDII Inflow .....          | 0.000     | 0.000    |
| External Inflow .....      | 0.000     | 0.000    |
| External Outflow .....     | 0.112     | 1.121    |
| Internal Outflow .....     | 0.000     | 0.000    |
| Storage Losses .....       | 0.000     | 0.000    |
| Initial Stored Volume .... | 0.000     | 0.000    |
| Final Stored Volume .....  | 0.004     | 0.043    |
| Continuity Error (%) ..... | 0.036     |          |

\*\*\*\*\*  
 Highest Continuity Errors  
 \*\*\*\*\*  
 Node J20 (1.91%)  
 Node J21 (1.28%)

\*\*\*\*\*  
 Time-Step Critical Elements  
 \*\*\*\*\*  
 Link C1 (93.73%)

\*\*\*\*\*  
 Highest Flow Instability Indexes  
 \*\*\*\*\*  
 All links are stable.

\*\*\*\*\*  
 Routing Time Step Summary  
 \*\*\*\*\*



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Minimum Time Step : 0.65 sec  
Average Time Step : 1.73 sec  
Maximum Time Step : 5.00 sec  
Percent in Steady State : 0.00  
Average Iterations per Step : 2.00

\*\*\*\*\*

Subcatchment Runoff Summary

\*\*\*\*\*

| Subcatchment | Total Precip<br>mm | Total Runon<br>mm | Total Evap<br>mm | Total Infil<br>mm | Total Runoff<br>mm | Total Runoff<br>mm | Peak Runoff<br>10^6 ltr | Runoff Coeff<br>LPS |
|--------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| S5           | 82.68              | 0.00              | 0.00             | 7.18              | 74.23              | 0.10               | 4.94                    | 0.898               |
| S8           | 82.68              | 0.00              | 0.00             | 37.22             | 44.19              | 0.09               | 5.17                    | 0.534               |
| S13          | 82.68              | 0.00              | 0.00             | 7.18              | 74.23              | 0.10               | 4.94                    | 0.898               |
| S20          | 82.68              | 0.00              | 0.00             | 37.22             | 44.19              | 0.09               | 5.17                    | 0.534               |
| S23          | 82.68              | 0.00              | 0.00             | 7.18              | 74.23              | 0.10               | 4.94                    | 0.898               |
| S28          | 82.68              | 0.00              | 0.00             | 37.22             | 44.19              | 0.09               | 5.17                    | 0.534               |
| S29          | 82.68              | 0.00              | 0.00             | 7.18              | 74.23              | 0.10               | 4.94                    | 0.898               |
| S31          | 82.68              | 0.00              | 0.00             | 7.18              | 74.23              | 0.10               | 4.94                    | 0.898               |
| S33          | 82.68              | 0.00              | 0.00             | 7.18              | 74.23              | 0.10               | 4.94                    | 0.898               |
| S36          | 82.68              | 0.00              | 0.00             | 37.22             | 44.19              | 0.09               | 5.17                    | 0.534               |
| S38          | 82.68              | 0.00              | 0.00             | 37.22             | 44.19              | 0.09               | 5.17                    | 0.534               |
| S40          | 82.68              | 0.00              | 0.00             | 37.22             | 44.19              | 0.09               | 5.17                    | 0.534               |

\*\*\*\*\*

Node Depth Summary

\*\*\*\*\*

| Node | Average Depth<br>Type | Maximum Depth<br>Meters | Maximum HGL<br>Meters | Time of Max Occurrence<br>days hr:min |
|------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| J5   | JUNCTION              | 0.20                    | 0.45                  | 0 10:48                               |
| J11  | JUNCTION              | 0.19                    | 0.45                  | 0 10:48                               |
| J15  | JUNCTION              | 0.20                    | 0.45                  | 0 10:48                               |
| J19  | JUNCTION              | 0.20                    | 0.45                  | 0 10:48                               |
| J20  | JUNCTION              | 0.20                    | 0.45                  | 0 10:48                               |
| J21  | JUNCTION              | 0.20                    | 0.45                  | 0 10:48                               |
| J1   | JUNCTION              | 0.19                    | 0.45                  | 0 10:49                               |
| Out1 | OUTFALL               | 0.08                    | 0.12                  | 0 08:45                               |

\*\*\*\*\*

Node Inflow Summary

\*\*\*\*\*



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

| Node | Type     | Maximum            |                  | Lateral Inflow Volume<br>10^6 ltr | Total Inflow Volume<br>10^6 ltr       |                                 |
|------|----------|--------------------|------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
|      |          | Lateral Inflow LPS | Total Inflow LPS |                                   | Time of Max Occurrence<br>days hr:min | Total Inflow Volume<br>10^6 ltr |
| J5   | JUNCTION | 10.11              | 23.99            | 0 06:48                           | 0.194                                 | 0.945                           |
| J11  | JUNCTION | 10.11              | 26.64            | 0 07:12                           | 0.194                                 | 1.132                           |
| J15  | JUNCTION | 10.11              | 21.50            | 0 06:48                           | 0.194                                 | 0.758                           |
| J19  | JUNCTION | 10.11              | 10.11            | 0 06:47                           | 0.194                                 | 0.194                           |
| J20  | JUNCTION | 10.11              | 16.43            | 0 06:47                           | 0.194                                 | 0.385                           |
| J21  | JUNCTION | 10.11              | 18.97            | 0 06:48                           | 0.194                                 | 0.571                           |
| J1   | JUNCTION | 0.00               | 21.10            | 0 08:24                           | 0.000                                 | 1.125                           |
| Out1 | OUTFALL  | 0.00               | 20.01            | 0 10:49                           | 0.000                                 | 1.121                           |

\*\*\*\*\*

Node Surcharge Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were surcharged.

\*\*\*\*\*

Node Flooding Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were flooded.

\*\*\*\*\*

Outfall Loading Summary

\*\*\*\*\*

| Outfall Node | Flow Freq.<br>Pcnt. | Avg. Flow<br>LPS | Max. Flow<br>LPS | Total Volume<br>10^6 ltr |
|--------------|---------------------|------------------|------------------|--------------------------|
|              |                     |                  |                  |                          |
| System       | 97.30               | 9.60             | 20.01            | 1.121                    |

\*\*\*\*\*

Link Flow Summary

\*\*\*\*\*

| Link | Type    | Maximum  Flow <br>LPS | Time of Max Occurrence<br>days hr:min | Maximum  Veloc <br>m/sec | Max/ Full Flow | Max/ Full Depth |
|------|---------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------|-----------------|
|      |         |                       |                                       |                          |                |                 |
| C11  | CONDUIT | 21.10                 | 0 08:24                               | 0.03                     | 0.89           | 0.90            |
| C15  | CONDUIT | 14.92                 | 0 08:25                               | 0.03                     | 0.63           | 0.90            |
| C19  | CONDUIT | 6.32                  | 0 06:48                               | 0.02                     | 0.27           | 0.90            |
| C20  | CONDUIT | 8.91                  | 0 07:13                               | 0.02                     | 0.37           | 0.90            |



**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D02 (ex 1RE) Variante alla sp n41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra la sp60 e Brescello

**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA**

|     |         |       |   |       |      |       |      |
|-----|---------|-------|---|-------|------|-------|------|
| C21 | CONDUIT | 11.83 | 0 | 08:02 | 0.02 | 0.50  | 0.90 |
| C1  | CONDUIT | 20.01 | 0 | 10:49 | 1.63 | 32.61 | 1.00 |

\*\*\*\*\*

Flow Classification Summary

\*\*\*\*\*

| Conduit | Adjusted<br>/Actual<br>Length | --- Fraction of Time in Flow Class ---- |             |            |             | Avg.       |              | Avg.<br>Froude<br>Number | Avg.<br>Flow<br>Change |
|---------|-------------------------------|---|-------------|------------|-------------|------------|--------------|--------------------------|------------------------|
|         |                               | Up<br>Dry                               | Down<br>Dry | Sub<br>Dry | Sup<br>Crit | Up<br>Crit | Down<br>Crit |                          |                        |
| C5      | 1.00                          | 0.02                                    | 0.00        | 0.00       | 0.98        | 0.00       | 0.00         | 0.01                     | 0.0000                 |
| C11     | 1.00                          | 0.02                                    | 0.00        | 0.00       | 0.98        | 0.00       | 0.00         | 0.02                     | 0.0000                 |
| C15     | 1.00                          | 0.02                                    | 0.00        | 0.00       | 0.98        | 0.00       | 0.00         | 0.01                     | 0.0000                 |
| C19     | 1.00                          | 0.02                                    | 0.00        | 0.00       | 0.98        | 0.00       | 0.00         | 0.00                     | 0.0000                 |
| C20     | 1.00                          | 0.02                                    | 0.00        | 0.00       | 0.98        | 0.00       | 0.00         | 0.00                     | 0.0000                 |
| C21     | 1.00                          | 0.02                                    | 0.00        | 0.00       | 0.98        | 0.00       | 0.00         | 0.01                     | 0.0000                 |
| C1      | 1.00                          | 0.02                                    | 0.00        | 0.00       | 0.98        | 0.00       | 0.00         | 0.66                     | 0.0017                 |

\*\*\*\*\*

Conduit Surcharge Summary

\*\*\*\*\*

| Conduit | Hours                               |                                    | Hours                              |                                      | Capacity<br>Normal Flow | Limited |
|---------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------|
|         | ----- Hours Full -----<br>Both Ends | ----- Hours Full -----<br>Upstream | ----- Hours Full -----<br>Dnstream | ----- Hours Full -----<br>Above Full |                         |         |
| C1      | 4.42                                | 4.42                               | 4.67                               | 35.02                                | 4.42                    |         |

Analysis begun on: Sat Apr 14 16:42:36 2012

Analysis ended on: Sat Apr 14 16:42:38 2012